

# **FUNDAMENTOS DE ALIMENTACION ANIMAL**

## **Texto Básico**



**FERNANDO I.  
LONDOÑO HERNANDEZ**

**MOLISV**

**Managua, Nicaragua**  
**Abril, 1993**

## **FUNDAMENTOS DE ALIMENTACION ANIMAL**

- © Fernando I. Londoño Hernández.
- © Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Ciencia Animal  
Primera edición: Abril de 1993

Ficha Bibliográfica elaborada por el Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria (CENIDA), de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

N  
L51  
L-847

Londoño Hernández, F.I.  
Fundamentos de Alimentación Animal: Texto  
Básico / Fernando I. Londoño Hernández. —  
Managua : UNA, 1993  
182 p. : 5 fig.; 20 cuad.; 30 ref.

Incluye bibliografía

1. NUTRICION ANIMAL. 2. PIENSOS. 3. COMPOSICION APROXIMADA. 4. VITAMINAS. 5. VALOR NUTRITIVO. 6. FORMULACIONES. 7. TECNICAS ANALITICAS. 8. NICARAGUA. I. Nicaragua, Universidad Nacional Agraria. Facultad de Ciencia Animal. II. Título.

**AGRIS L51; Q54**

La producción de este Texto ha sido financiada por el Organismo de Cooperación Italiana MOLISV en el marco del Proyecto Gubernamental Italiano 674/G142/MOLISV-Nicaragua.

Revisión Técnica:	Ing. T. Beteta, Vicedecana de la Facultad de Ciencia Animal. Ing. R. Rodríguez, Docente de la Facultad de Ciencia Animal
Mecanografía:	Martha Robleto T.
Diseño y Diagramación:	Ena Yolanda Rivera G.
Dibujos:	Carlos Alberto Cabezas Báez

Derechos Reservados Conforme la Ley. Edición del Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria (CENIDA), Universidad Nacional Agraria (UNA)



# INDICE

<b>Prefacio</b>	<b>9</b>
<b>Agradecimiento</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>II. LOS CARBOHIDRATOS</b>	<b>17</b>
2.1 Clasificación	19
2.2 Funciones	23
2.3 Digestión y Absorción de los Carbohidratos	23
2.3.1 En Animales monogástricos	23
2.3.2 En Rumiantes	26
2.3.3 Principales productos finales de la digestión de los Carbohidratos	31
2.3.4 Efecto de la Ingestión de pienso sobre la concentración de AGV	33
2.3.5 Efecto de los Ingredientes de la ración sobre los AGV del rumen	34
2.3.6 La Fibra y su utilización	36
2.4 Metabolismo de los Carbohidratos	37
<b>III. LOS LIPIDOS</b>	<b>39</b>
3.1 Clasificación	41
3.2 Propiedades de las grasas	44
3.3 Constantes analíticas de las grasas	47
3.4 Principales funciones de las grasas	49
3.5 Digestión de las grasas	50
3.5.1 En Animales monogástricos	50
3.5.2 En Rumiantes	53
3.6 Metabolismo de los Lípidos	55
<b>IV. PROTEINAS</b>	<b>59</b>
4.1 Clasificación de las Proteínas	61
4.2 Funciones de las Proteínas	63
4.2.1 Aminoácidos	63
4.2.1.1 Clasificación de los Aminoácidos	63
4.3 Digestión y Absorción de las Proteínas	67
4.3.1 En los Monogástricos	67
4.3.2 En los Rumiantes	69
4.4 Metabolismo de las Proteínas	72
<b>V. MINERALES</b>	<b>75</b>
5.1 Principales funciones de los Minerales	77
5.2 Clasificación	78
5.2.1 Macroelementos	78
5.2.2 Microelementos	82

<b>VI.</b>	<b>VITAMINAS</b>	<b>87</b>
6.1	Clasificación	89
6.2	Funciones de las Vitaminas	90
6.3	Vitaminas Liposolubles	90
6.4	Vitaminas Hidrosolubles	92
<b>VII.</b>	<b>DETERMINACION DEL VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS</b>	<b>101</b>
7.1	Análisis Proximal ó Análisis Químico bromatológico	103
7.1.1	Contenido de Humedad	104
7.1.2	Proteína	105
7.1.3	Extracto Etereo o Grasa	107
7.1.4	Fibra Bruta	108
7.1.5	Cenizas	109
7.1.6	Extracto Libre de Nitrógeno	109
7.2	Pruebas de Alimentación	110
7.3	Digestibilidad	112
7.4	Sistema de Nutrientes Digestibles Totales en la elaboración de los Alimentos	117
7.5	Relaciones entre los distintos elementos nutritivos	118
7.6	Prueba de Balance	120
7.7	Distribución de la Energía en los procesos corporales	126
7.7.1	Categorías de Energía	127
7.7.2	Métodos para determinar el Balance de Energía	129
<b>VIII.</b>	<b>LOS ALIMENTOS</b>	<b>133</b>
8.1	Clasificación de los Alimentos	136
8.2	Alimentos Voluminosos	136
8.3	Alimentos Básicos o Energéticos	142
8.4	Alimentos Proteicos	150
8.5	Fuentes de Vitaminas, Minerales y Aditivos	156
<b>IX.</b>	<b>PREPARACION DE ALIMENTOS Y FORMULACION DE RACIONES</b>	<b>163</b>
9.1	Métodos para formular raciones	167
9.1.1	Uso del Cuadrado de Pearson en la formulación de Raciones balanceadas para Animales	167
9.1.2	Método Algebraico para Formular y Balancear raciones	172
9.1.3	Método de sustitución para formular y balancear raciones	173
9.2	Preparación de Premezclas vitamínicas	175
9.3	Preparación de Premezclas, microelementos con sal	177
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>179</b>

# Prefacio

**E**ste libro, ha sido concebido para satisfacer las necesidades de tres grupos de lectores: primero, el estudiante universitario del área agropecuaria que necesita de una fuente de información manejable de los aspectos científicos de la alimentación animal; segundo, los técnicos del Ministerio de Agricultura que precisan de una fuente de información necesaria para la elaboración de mezclas y raciones; y tercero, el productor agropecuario que bien puede desear comprender porque se le recomienda un tipo determinado de alimento o ración para sus animales.

Este es un auditorio heterogéneo y no es de esperar que cada uno de los tres grupos quede completamente satisfecho del resultado.

El alcance de este libro está determinado por un programa, que es el de la asignatura de NUTRICION ANIMAL I para estudiantes de IV año de Ingeniería Agronómica con orientación en Zootecnia, así como también, por consideraciones de tamaño.

No se pretende profundizar en lo teórico sino más bien ayudar a la comprensión de tan complicado tema como lo es el de la nutrición animal, expresándolo en forma clara y sencilla, al finalizar el lector se dará cuenta de ello y podrá poner en práctica el conocimiento adquirido.

La información referente al contenido nutritivo de los alimentos está basado en los análisis efectuados en el Laboratorio de Bromatología de la U.N.A. que suman más de mil, queriéndose con ello llenar el vacío del contenido nutritivo de gramíneas y leguminosas más difundidas en Nicaragua, lo cual tiene un alcance práctico muy profundo. En cuanto a los subproductos nacionales, los datos son propios, ellos ayudarán a comprender la necesidad de su uso, sobre todo durante la época de mayor escasez de alimentos, ofreciéndole una alternativa alimenticia al ganado.

Los minerales son abarcados en este libro considerando básicamente los trabajos realizados en el trópico por McDowell, L.R., Conrad, J.H., Ellis, G.L. y Loosli, J.K.

Es grande mi deuda con diversos amigos y docentes por su información, crítica y consejo. Espero aportar un grano de arena que ayude a resolver el problema de déficit de bibliografía referente a la alimentación animal en Nicaragua.

# Agradecimientos

**D**ifícilmente hubiera podido escribir este libro sin el estímulo de las autoridades de la Facultad de Ciencia Animal; mi deuda para con éstas y en especial con el Decano, Ing. Guillermo Cruz E, el Dr. Melvin Wallace y el Ing. Roberto Blandino O. Estoy particularmente agradecido con el MOLISV por su financiamiento; a las docentes Ingenieras Tania Beteta y Rosa Rodríguez que han leído el manuscrito y me han expuesto críticas valiosas. También deseo agradecer a la Lic. Margarita Robelo Pereira, directora del CENIDA, por su apoyo incondicional, al igual que a la Bibliotecaria Señorita Maritza Espinales Cardoza.

Mi agradecimiento más profundo a las Licenciadas: Damaris Mendieta y Luisa Amanda Mairena, Laboratoristas de la Facultad de Ciencia Animal por su valiosa colaboración y ayuda.

Por último, deseo consignar mi agradecimiento a: la señorita Martha Robleto quien ha realizado con máxima eficiencia la tediosa tarea de mecanografiar una y otra vez los sucesivos borradores así como a Ena Yolanda Rivera.

Estaré agradecido a todo lector que me llame la atención sobre posibles errores y omisiones que puedan ser subsanados en una edición subsiguiente.

*Londoño, H.F.*

# I INTRODUCCION

## I. INTRODUCCION

La Nutrición Animal es una ciencia joven, ya que es hasta en el siglo XVIII (1770) cuando se establecen los primeros experimentos por el químico francés Lavoisier, considerado el descubridor de la ciencia de la nutrición. En el siglo XIX se comienza a reconocer la necesidad de las proteínas, carbohidratos y grasas; pero es en el siglo XX cuando los conocimientos de esta ciencia han avanzado grandemente. La Nutrición implica reacciones químicas y procesos fisiológicos que transforman los alimentos en tejidos corporales y actividad, los descubrimientos modernos en nutrición se derivan de investigaciones realizadas con una amplia variedad de especies animales; el desarrollo de ésta ciencia se debe a la aplicación de conocimientos y técnicas de diferentes ciencias, fisiólogos y bioquímicos han trabajado desde hace mucho tiempo estudiando las necesidades del cuerpo en cuanto a alimento y como éste último es metabolizado. Los físicos nos han dado radiografías, el espectrógrafo, isótopos, cromatografía y otras herramientas y nos han enseñado como se deben usar. Los microbiólogos también han contribuido al descubrimiento del papel nutricional que juegan las bacterias, los métodos microbiológicos y químicos han acelerado el desarrollo del conocimiento relacionado con el contenido de vitaminas y aminoácidos de los alimentos. Estudios realizados sobre minerales "Traza" han mostrado que las características de los suelos en los que cultivamos nuestros alimentos, juegan un papel importante en el valor nutritivo de los alimentos.

También hemos aprendido que las diversas variedades de un mismo tipo de cultivo difieren en sus cualidades nutritivas así como diversos factores de su manejo.

Los logros recientes han ayudado a subrayar la gran interrelación entre la nutrición humana y animal. Los alimentos de ambos son productos de la tierra que han captado la energía solar y contienen los mismos nutrientes esenciales. Los procesos metabólicos que sufren los nutrientes absorbidos que van a servir como apoyo a diferentes funciones orgánicas,

son idénticos, no importando la especie animal. Si bien los animales concentran los nutrientes de los cultivos alimenticios en forma más nutritiva y apetecible para la dieta del hombre, en el proceso se pierden fuentes de alimentos básicos tales como los cereales y otros alimentos que el hombre puede comer.

- La economía Nicaragüense es básica y esencialmente agropecuaria. El sector agropecuario es considerado el más importante por su doble responsabilidad de la seguridad alimentaria, ya que debe satisfacer la demanda interna de alimento para garantizarla y segundo lugar permitir la obtención de divisas, a través de las exportaciones.

La explotación de carne vacuna constituyó el 4.3% (1981) y el 8.2% (1984) en la generación total de divisas a nivel nacional.

La producción nacional de carne vacuna se dirigió en un 43% (1984) a la exportación mientras el 57% fue absorbida por el mercado local. En Nicaragua la importancia de la porcicultura radica en el hecho de que es la tercera fuente de proteínas de origen animal consumida a nivel nacional, representando el 36% de la carne total consumida en el país. La producción de huevos representan la segunda fuente de proteínas de importancia en el país.

- Una de las principales restricciones a que se enfrenta el crecimiento de la ganadería vacuna, ha sido la escasez de pastizales, sobre todo en la estación seca (mediados de noviembre - mediados de mayo). En el invierno generalmente los potreros se utilizan intensivamente, sin que los productores guarden ninguna reserva para el verano (heno, silo), a fin de ofrecer al ganado algún suplemento alimenticio en esa época, por lo que tienen que alimentarlo a base de pastos y sal común. Por otro lado el productor ganadero, dados los precios prohibitivos y la escasez de alimentos concentrados, procura no comprarlos, por que el incremento de los costos no compensa los ingresos obtenidos por la venta de sus productos, especialmente la leche.

El hato ganadero en Nicaragua está concentrado en la región del pacífico y zona central del país, donde históricamente ha prevalecido la ganadería sobre los demás rubros.

Estudios realizados demuestran que en estas zonas ganaderas existe un volumen alto de subproductos no convencionales que se botan, los cuales pueden ser conservados para ser utilizados en la época de verano. Siendo su nivel nutricional variable se le puede considerar satisfactorio, pudiéndose utilizar en la alimentación de los animales los siguientes: desechos de la pesca, banano, tomate, afrecho y levadura.



## **II**

# **LOS CARBOHIDRATOS**

## **II. LOS CARBOHIDRATOS**

Los glúcidos o carbohidratos son compuestos orgánicos de gran importancia, son los constituyentes mayoritarios de la materia viva, es el grupo más conocido en lo referente a su constitución química y a sus características. Suelen ser sustancias constituidas por carbono, hidrógeno y oxígeno, estas últimas en proporción de 2 a 1, como en el agua. Son sintetizados por las plantas a partir del  $\text{CO}_2$ , el  $\text{H}_2\text{O}$  y la energía solar, formando las cadenas carbonadas, de donde se originan los demás compuestos. Los carbohidratos pueden definirse como aldehídos y cetonas polihidroxílicos (monosacáridos), sus polímeros (oligo y polisacáridos), sus productos de reducción (alcoholes polihídricos y ciclitales) sus productos de oxidación (ácido urónicos y sacáridos) sus productos de sustitución (aminoazúcares) y sus ésteres (sulfatos y fosfatos).

### **2.1 Clasificación**

La clasificación de los glúcidos distingue dos grupos: Los azúcares propiamente dichos y los glúcidos u óxidos (No azúcares) que sometidos a hidrólisis dan uno o más azúcares simples y eventualmente compuestos de otra naturaleza.

Los compuestos glucídicos más importantes para la nutrición son los azúcares y, sobre todo algunos holósidos (di-tri y polisacáridos) de gran complejidad, como el almidón y la celulosa.

## CLASIFICACION DE LOS CARBOHIDRATOS

<b>Azúcares</b>	Monosacáridos o monosas	Pentosas	Arabinosa Xilosa Ribosa	
		Hexosas	Glucosa Galactosa Manosa Fructosa	
	Disacáridos o Biosas	Sacarosa Lactosa Maltosa Celobiosa Trealosa		
	Trisacáridos tetrasacáridos	Rafinosa Estaqueosa		
<b>No Azúcares</b>	Polisacáridos o poliosas	Pentosanas	Arabanas Xilonas Glucosanas	Almidón Dextrina Glucogeno Celulosa
		Hexosanas	Fructosanas Galactosanas Mananas	Inulina Fleina
	Heteropolisacáridos	Hemicelulosa Gomas Mucilagos Sustancias pépticas		

**Monosacáridos: (Azúcares Simples) - fórmula  $C_nH_{2n}O_n$** 

La mayor parte de ellos se obtienen como producto de fermentación de compuestos más complejos de plantas y animales. Contienen 3, 4, 5, 6 ó 7 átomos de carbono "C". Una propiedad importante de los monosacáridos

es la de reaccionar con el ácido fosfórico en plantas y animales existen de manera natural dos de estos fosfatos siendo los más importantes: glucosa-6-fosfato y glucosa-1-fosfato. Los fosfatos de las hexosas juegan un papel importante en el metabolismo celular sobre todo en las reacciones a través de las cuales se obtiene energía para procesos vitales. Por su importancia nos referiremos a las pentosas y a las hexosas.

### **Pentosas: C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub> - Ribosa- Arabinosa- Xilosa**

Raramente se presentan libres a no ser como productos intermedios durante la fermentación. En las pentosas constituyentes de las hemicelulosas existen restos de arabinosa y de xilosa. Ambos azúcares se producen en gran cantidad al hidrolizar el forraje con ácido sulfúrico normal. Todas las células contienen Ribosa que forma parte de la molécula del ácido RNA (ribonucléico) y también de diversas vitaminas y coenzimas.

### **Hexosas: C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>**

- Glucosa - Existe libre en la naturaleza y combinada, es constituyente de oligosacáridos y polisacáridos.
- Fructosa - Existe en las hojas verdes, frutos y miel, forma parte de disacáridos, sacarosa y fructosanas.
- Manosa - No existe libre pero si polimerizada formando manonas, es también parte de glucoproteínas.
- Galactosa- Componente de la lactosa, existe como producto de la fermentación y no libre.

### **Disacáridos**

Son azúcares formados por dos residuos de monosacáridos unidos por 1 enlace glucosídico.

- |            |  |
|------------|--|
| Sacarosa:  | Existe en la mayoría de las plantas (caña de azúcar) no tiene capacidad reductora.   |
| Lactosa:   | Es producto de la glándula mamaria (permite el sabor dulce de la leche) en fermentación microbiana da lugar al ácido láctico.            |
| Maltosa:   | Se produce por hidrólisis del almidón y del glucógeno y no por acción de enzimas, es soluble en agua pero no tan dulce como la sacarosa. |
| Celobiosa: | No existe libre, es unidad básica en la formación de celulosa y puede ser hidrolizada a glucosa.   |
| Trealosa:  | Se encuentra en hongos y algas.  |

### Trisacáridos

- Rafinosa: Se encuentra en plantas, se acumula en las melazas durante la preparación de la sacarosa.  
Estaqueosa: Se encuentra en las semillas de leguminosas.

### Polisacáridos

Posee un peso molecular elevado están formados por gran número de restos de pentosas o hexosas, no tienen sabor dulce, no tienen reacciones de los azúcares. Existen como material de reserva en plantas y animales (almidón y glucógeno) o materiales de construcción en plantas como celulosa.

Dependiendo del monosacárido se clasifican en pentosanas, hexosanas.

Pentosanas: Son componentes de la hemicelulosa-arabanas en plantas y xilonas.

Hexosanas: De acuerdo a la hexosa se dividen en: glucosanas, fructosanas.

Son polisacáridos importantes en el grupo de las glucosas: almidón, glucógeno, celulosa.

Almidón: Abunda en semillas su principal componente es la glucosa.

Glucógeno: Polisacárido de origen animal o microbiano.

Celulosa: Contiene elevado peso molecular unidad que se repite es la celobiosa.

Galactosanas y mananas: Están en las paredes celulares.

Fructosanas: Material de reserva.

### Heteropolisacáridos

Son compuestos que al hidrolizarse dan monosacáridos y otros importantes como hemicelulosa que en unión de la celulosa constituyen hojas y troncos de plantas. Se diferencian de la glucosa en que al hidrolizarse producen diversos monosacáridos (xilosa, glucosa, galactosa y arabinosa).

### Clasificación: Según su solubilidad en H<sub>2</sub>O

Los carbohidratos para ser digeridos por enzimas del tracto digestivo o por su microflora, deben estar en solución. El valor nutritivo de los carbohidratos depende de su mayor o menor solubilidad.

### Carbohidratos solubles

Los azúcares mono y oligosacáridos son en su mayoría fácilmente solubles, su solubilidad disminuye al aumentar su tamaño molecular.

## Carbohidratos insolubles

Son los carbohidratos que se encuentran formando las partes estructurales de los vegetales (celulosa, lignina, glucógeno).

### 2.2 Funciones

- 1.- **Función energética** : Son la principal fuente de energía que utilizan las distintas especies animales para sus procesos metabólicos, producción de calor, formación de reservas adiposas y glucógeno.

El poder energético corresponde al calor de combustión de las sustancias alimenticias metabolizadas, el poder energético de los carbohidratos es de 4,1 cal por gramo.

- 2.- **Aprovechamiento de otros nutrientes**: En el metabolismo animal se pueden usar como fuente de energía, las proteínas y las grasas, logrando un abastecimiento acorde con las exigencias metabólicas permitiendo un fisiologismo normal y un aprovechamiento óptimo de nutrientes.

### 2.3 Digestión y absorción de los carbohidratos

Los aspectos relacionados con la digestión y absorción de los carbohidratos son sumamente importantes, pues el animal adquiere los carbohidratos provenientes de los alimentos en forma compleja y generalmente no puede, utilizarlos para sus fines de tal forma. La digestión garantiza la degradación de estos carbohidratos complejos, a nivel del aparato digestivo, en forma más simple que puedan ser asimiladas, las cuales serán incorporadas al organismo animal por el proceso de absorción.

La mayoría de los componentes orgánicos del alimento, entre ellos los carbohidratos, están en forma de grandes moléculas insolubles que han de ser convertidas en otras más simples que puedan atravesar la mucosa intestinal para pasar a la linfa y a la sangre.

Este proceso de conversión es la "digestión" y el paso de nutrientes a través de la mucosa es la "absorción".

#### 2.3.1 En animales monogástricos

La digestión de los alimentos que tiene lugar en la boca es fundamentalmente de naturaleza mecánica. Tiene dos fines principales: Dividir el alimento en fragmentos o partículas y mezclarlo con la saliva, que actúa como lubricante.

La saliva está compuesta principalmente por agua (un 99%) y mucina, sales inorgánicas y el enzima  $\alpha$  amilasa (ptialina). Este enzima ha sido detectado en la saliva del cerdo y no es probable que actúe, pues el alimento es tragado rápidamente y pasa al estómago, donde el pH es inapropiado para la acción de la  $\alpha$  amilasa. Es probable que una porción

del almidón sea digerida, pues el alimento no se impregna inmediatamente con el jugo gástrico.

Este enzima hidroliza los enlaces -1,4 glucosídicos en los polisacáridos que contengan 3 unidades de D-glucosa en adelante. De esto se desprende que actúa sobre el almidón, glucógeno y polisacáridos.

### Digestión en el intestino delgado

Es ya conocido, que al intestino se vierten 4 tipos de secreciones: el jugo duodenal, la bilis, el jugo pancreático y el jugo entérico.

La enzima  $\alpha$  amilasa, presente en la secreción pancreática, tiene la misma función que la presente en la saliva. Ataca las uniones glucosídicas -1,4

Hasta hace poco era generalmente admitido que en el jugo entérico estaban presente las enzimas responsables de la hidrólisis de los disacáridos. Los conocimientos actuales indican que los disacáridos pueden ser absorbidos por las células de la mucosa intestinal y en su interior son atacados por enzimas intracelulares que los convierten en sus respectivos monosacáridos. Por ejemplo, hidrólisis de la sacarosa en fructosa y glucosa.

Las enzimas que actúan sobre los disacáridos son: SACARASA, MALTASA Y LACTASA que actúan sobre los disacáridos sacarosa, maltosa y lactosa respectivamente. Además, se segrega oligo-1.6- glucosidasa, que actúa sobre las dextrinas límites y la trehalasa que hidroliza la trehalosa.

En resumen, de acuerdo con el siguiente esquema, la digestión de los carbohidratos en el intestino delgado puede expresarse así.

#### ENZIMAS QUE HIDROLIZAN ENLACES GLUCOSIDICOS

NOMBRE	FUENTE	SUBSTRATO
$\alpha$ - amilasa	Páncreas	Almidón, glucógeno, dextrina
Maltasa	I. Delgado	Maltosa
Oligo-1.6 glucosidasa	I. Delgado	Dextrinas
Lactasa	I. Delgado	Lactosa
Sacarasa	I. Delgado	Sacarosa
Trehalasa	I. Delgado	Trehalosa

Las secreciones digestivas en el animal joven difieren con relación al adulto. La actividad de la  $\alpha$  amilasa es baja hasta en los 10 primeros días aunque siempre va en aumento. La maltasa y la sacarasa son poco activas al principio, en cambio, la lactasa tiene gran actividad en el lactante.

### Digestión de los carbohidratos en el intestino grueso

Los productos de la hidrólisis de los carbohidratos son absorbidos casi enteramente a su paso por el intestino delgado, por lo que cuando alcanzan el cólon la mayoría de las sustancias hidrolizadas ya lo han



abandonado. Los alimentos contienen siempre una porción ~~que~~ no es atacable por los enzimas en el intestino delgado. Tal ocurre en los monogástricos con la **celulosa y hemicelulosa**.

La **lignina** es completamente indigerible. También es posible que algunos tejidos lignificados engloben carbohidratos impidiendo la acción enzimática.

La digestión en el intestino grueso se lleva a cabo por enzimas que pasarán con el alimento desde el intestino delgado o como resultado de la actividad microbiana, ya que las glándulas de este tramo intestinal son principalmente mucosas y no contienen enzimas.

Por estudios sobre digestibilidad hechos en el cerdo, se sabe que posee cierta capacidad para descomponer la celulosa, por lo que la desintegración se realiza en el intestino grueso gracias a la acción bacteriana. Ensayos recientes han permitido medir las cantidades de ácidos orgánicos producidos por este órgano. Sin embargo la capacidad del cerdo para digerir la celulosa y otros polisacáridos complejos es pequeña comparada con la del caballo y los rumiantes. Esta capacidad en las aves es más reducida aún.

También es posible que ocurra fermentación en el intestino grueso a expensas de carbohidratos de fácil digestión en el intestino delgado. Esto puede ocurrir cuando la actividad de cierta enzima no es lo suficiente como para hidrolizar toda la cantidad del carbohidrato específico en el intestino delgado. Como ejemplos en este caso podemos citar escape de sacarosa y lactosa hasta el ciego, porque la actividad de la **sacarasa y lactasa** respectivamente no es suficiente para desdoblar los elevados volúmenes de disacáridos que presentan algunos alimentos. De esto se deriva una extensa fermentación bacteriana en el intestino grueso a expensas de estos azúcares fácilmente fermentables.

También pueden arribar azúcares de fácil digestión al intestino grueso por un aumento en la velocidad de tránsito o pasaje. En esta situación los carbohidratos no permanecen el tiempo necesario en el intestino delgado para ser hidrolizados y escapan, por tanto, intactos hasta el intestino grueso.

La digestión de los carbohidratos en las aves presenta algunas diferencias en relación con los mamíferos monogástricos.

Las enzimas de las secreciones digestivas de las aves son similares, por ejemplo, a las del cerdo, aunque no se ha comprobado la existencia de **lactasa**. En la saliva de las aves existe  $\alpha$  amilasa cuya acción se continúa en el buche. En el buche existe cierta actividad microbiana que da como resultado la formación de ácidos orgánicos.

Como en otros monogástricos, en el intestino de las aves existe actividad de  $\alpha$  amilasa pancreática, maltasa y sacarasa. En los ciegos ocurre fermentación microbiana de la misma forma que se presenta en el cerdo, pero los ciegos en las aves son fundamentalmente órganos de absorción

y no son esenciales. La molleja sirve para triturar los alimentos hasta convertirlos en una pasta.

### 2.3.2 En Rumiantes

El estómago de los rumiantes está dividido en 4 compartimentos: Rumen o panza, redécilla o retículo, omaso o librillo y abomaso o cuajar. A partir de que el rumiante joven comienza a consumir alimento sólido, los dos primeros compartimentos aumentan considerablemente de tamaño, y logran alcanzar en el adulto el ~~85% de la~~ capacidad total del estómago.

Durante los actos de comer y rumiar, el alimento se diluye con abundantes cantidades de saliva. El contenido del rumen está formado por 85 - 93% de agua y normalmente se dispone en dos fases: una inferior, **líquida** y en la que van suspendidas las partículas más finas del alimento, y otra superior, de **materia sólida** más grosera. En los rumiantes, la saliva juega un papel muy importante para evitar cambios bruscos de pH y además, mantenerlo alrededor de determinado valor. En el rumen se produce una cantidad tal de ácidos que pudieran hacer descender el pH del líquido ruminal hasta 2,5 - 3 pero en condiciones normales se mantiene entre 5,5 y 6,5 gracias a la acción amortiguante de la saliva.

Los rumiantes constituyen la forma más reciente de adaptación de los animales herbívoros al aprovechamiento de la fibra presente en las plantas forrajeras y que las enzimas propiamente dichas del organismo son incapaces de desdoblar. Los productos finales generados por la acción de los microorganismos, esencialmente los ácidos grasos volátiles (AGV) y las proteínas microbianas, son aprovechados por el rumiante como organismo hospedador. En principio, alimenta el rumiante a los microorganismos, y éstos a su vez nutren al rumiante.

La influencia ejercida sobre los procesos digestivos en los preestómagos (rumen, retículo y omaso) por el rumiante puede realizarse mediante:

- La ingestión de alimento.
- La secreción salival.
- Motilidad de los respectivos preestómagos.

**La cuantía y composición del alimento** ingerido influyen a través de la concentración y tipo de microorganismos y sobre la constitución y cantidad de los productos resultantes de la actividad microbiana. La saliva neutraliza una parte de los ácidos orgánicos formados, garantizando así el mantenimiento de un pH óptimo en el contenido de la panza. **Los movimientos de los respectivos preestómagos** sirven para la maceración mecánica de las partículas y para el entremezclado del contenido con la saliva, favorecen la absorción de los ácidos grasos volátiles, posibilitan la regurgitación del contenido estomacal y la salida de los gases de la panza mediante el eructo. Por último, el aumento de la motilidad de los preestómagos favorecen el tránsito de la ingesta a través de aquellos, abreviando así el tiempo de permanencia de las porciones de pienso en tales tramos.

El proceso de digestión de los carbohidratos en el rumen es un proceso integral y continuo, pero para su estudio es conveniente dividirlo en fases, lo que no significa que ocurran separadamente en el rumen. Sin un conocimiento adecuado de este proceso, no será posible comprender posteriormente toda una serie de fenómenos relacionados con una alimentación racional de este tipo de animal.

La digestión del alimento se lleva en parte por medios físicos y en parte por medios químicos.

### **Por Medios Físicos**

El contenido del rumen está siendo continuamente mezclado y durante la rumia la parte más próxima al extremo anterior pasa al esófago y es devuelto a la boca. La porción líquida es tragada rápidamente, siendo masticado el componente sólido antes de pasar nuevamente al rumen. Las dietas que contienen pocos alimentos voluminosos o carecen de ellos no proporcionan el estímulo suficiente para la rumia. El tiempo que el animal destina a rumiar depende del contenido fibroso del alimento.

### **Por Medios Químicos**

La parte química de la escisión del alimento está a cargo de las enzimas pero las que actúan en el rumen no son producidas por el animal sino que proceden de bacterias y protozoos. El número total de microorganismos en el rumen y los tipos que predominan dependen de la naturaleza de la dieta. Los valores más altos registrados corresponden a dietas de cereales. En los primeros meses de la vida se establece la flora normal del rumen: El ternero la alcanza aproximadamente a las 6 semanas.

En los animales que consumen concentrados la producción de ácidos puede ser muy rápida y la producción de saliva anormalmente baja. En esta situación el pH del líquido ruminal puede bajar hasta 5,0 y transitoriamente a 4,5. Como los protozoos no toleran pH inferiores a 4,5 faltan en el rumen del ganado alimentado con dietas ricas en concentrados.

### **Actividad de los microorganismos**

De la gran actividad de los microorganismos del rumen nos da idea el hecho de que solamente el 30% del alimento ingerido continúa su paso a través del tubo digestivo. El otro 70% es convertido por los microorganismos en productos solubles o gaseosos que son absorbidos directamente en el rumen o son expulsados a través del esófago en el caso de los gases (eructos).

El rumen alberga en condiciones normales de alimentación numerosas especies de bacterias y protozoos, compuestas en gran parte de ciliados y gran número de bacterias no esporuladas. La población microbiana del rumen se comporta simbióticamente con el organismo hospedador. Por añadidura algunos tipos de protozoos y bacterias influyen entre sí. Cada ml de contenido del rumen contiene de  $10^9$  a  $10^{10}$  bacterias.

El número de protozoarios es menor ( $10^6$  por ml), pero como su tamaño es mucho mayor al de las bacterias, representan aproximadamente igual volumen.

La magnitud de la población microbiana del rumen depende del Nitrógeno y contenido energético del pienso, de la calidad de éste, del tipo de alimentación y del estado fisiológico en que se halle el animal. Las bacterias permiten el aprovechamiento como fuentes de energía de uno o varios carbohidratos presentes en el alimento de los rumiantes y también de los productos intermedios o finales resultantes del desdoblamiento. En lo referente a las misiones del rumen hay que señalar que por lo regular varios gérmes se encargan de una función determinada, pero por otra parte también un mismo grupo o especie atiende a procesos distintos.

Las bacterias pueden agruparse de acuerdo con su acción principal en el rumen, distinguiéndose para estos efectos entre microorganismos preferentemente celulolíticos, amilolíticos, proteolíticos y capaces de aprovechar la glucosa, de aquellos otros capaces de aprovechar el lactato o de formar metano.

En los preestómagos de los rumiantes y junto con la flora bacteriana se encuentra regularmente, en los animales sanos y alimentados con normalidad, una multiforme fauna protozoaria formada casi exclusivamente por ciliados. El número de protozoarios oscila entre amplios márgenes y depende de la alimentación. Los protozoos son anaerobios estrictos y aprovechan diversos carbohidratos para la obtención de energía, degradándolos con formación de ácidos grasos volátiles,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2$ .

Para el asentamiento de protozoos en los rumiantes jóvenes se precisa el contacto con animales adultos de la misma especie, ya que no forman quistes ni otras formas de resistencia fuera de la panza. La presencia de protozoos va unida a cierta zona de pH. Si prevalecen valores de pH inferiores a 5,5 durante largo tiempo, los protozoos desaparecen de la panza. El número total de protozoos depende de la frecuencia de la toma de alimento, de la composición de la dieta y de las características de presentación de la misma.

### **Etapas de la degradación química de los Carbohidratos en el rumen**

La degradación química de los carbohidratos en el rumen puede ser dividida en dos etapas desde el punto de vista didáctico.

**1era.etapa:** La digestión de las moléculas complejas hasta azúcares sencillos por la acción de enzimas microbianas extracelulares (Figura 1).

**2da.etapa:** Los azúcares simples producidos en la primera etapa del metabolismo del rumen raramente pueden encontrarse en el líquido ruminal dado que son absorbidos inmediatamente por los microorganismos, siendo tales azúcares metabolizados intracelularmente.(Figura 1).

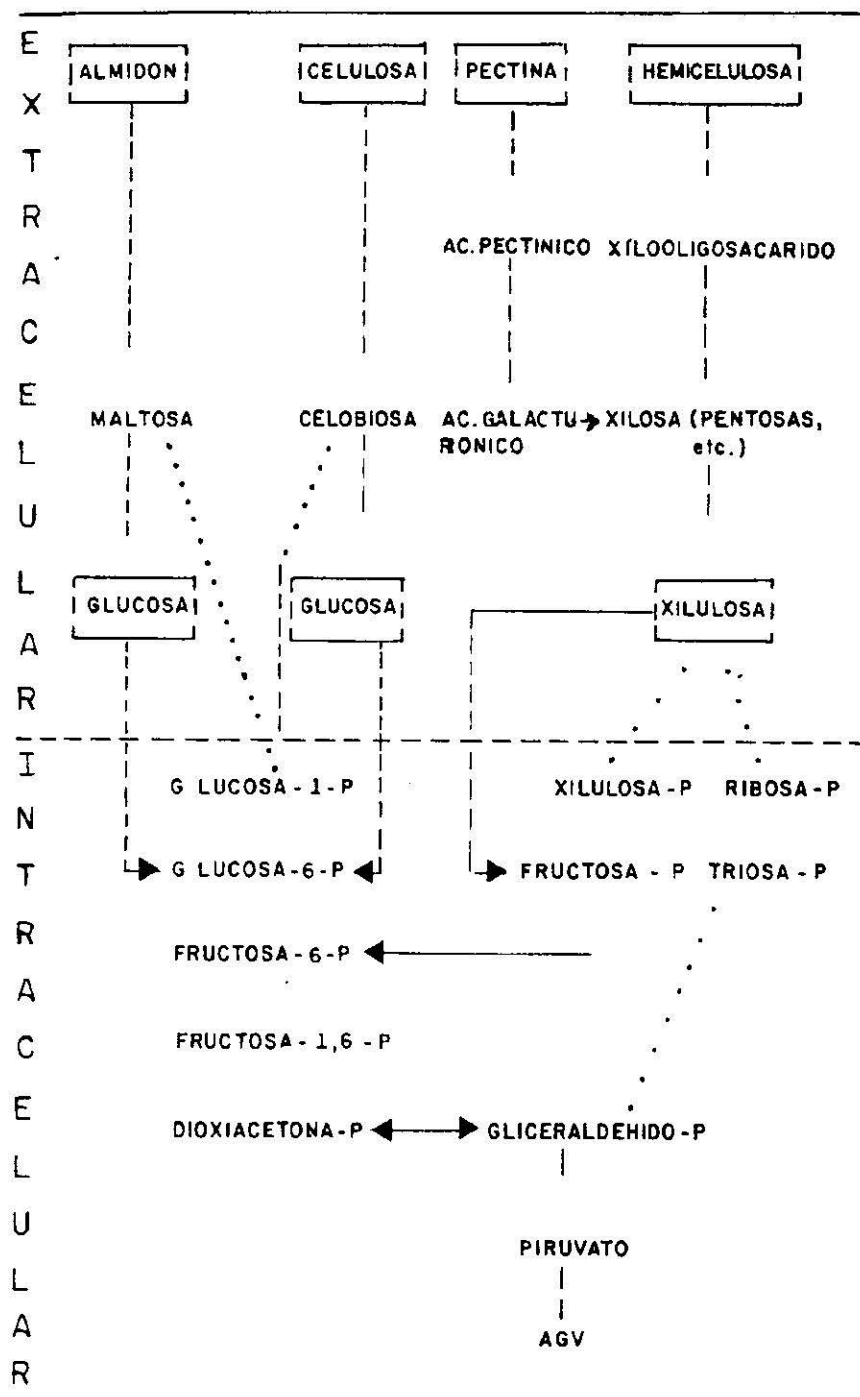


Figura 1  
Degradación de carbohidratos en el rumen



Para el proceso de degradación de las células en el rumen son de importancia 3 factores peculiares, concretamente la riqueza del medio nutritivo en sustancias incrustadas (lignina), en carbohidratos fácilmente digestibles y en proteína bruta.

La celulosa de las plantas tiernas es esencialmente más digestible que la procedente de partes vegetales muy leñosas con elevado contenido de lignina. El aumento proporcional de fibra bruta a lo largo del período de desarrollo vegetal disminuye la digestibilidad de la celulosa.

Las hemicelulosas y pentosanas son degradadas rápidamente en el rumen dando como resultado pentosas y triosas.

**Degradación del almidón:** En comparación con la digestión sufrida por el almidón en el intestino delgado, la fermentación en el rumen constituye un proceso de menor rendimiento, pues una parte de la energía se pierde en forma de metano. Para el proceso de degradación del almidón en el rumen tiene importancia tanto la cantidad como el tipo de los gránulos de almidón. Así ocurre, por ejemplo, que el almidón de maíz sufre una hidrólisis más veloz que el de la papa, y que el fenómeno puede acelerarse por cocción previa, pues la cocción desintegra los gránulos de almidón.

Después de ingerir los rumiantes, grandes cantidades de almidón, se produce una disminución del pH del contenido de la panza, con abundante formación de ácido propiónico y ácido láctico. Simultáneamente se producen alteraciones en la población microbiana del rumen, en la que comienzan por disminuir los protozoos. Un súbito consumo de grandes cantidades de piensos ricos en almidón origina notables trastornos de la función del rumen, presentándose la llamada indigestión ácida. Esta se caracteriza por la predominancia en el rumen de una flora amilolítica, con descenso de los protozoos y bacterias que degradan la celulosa: también hay disminución de pH del contenido de la panza, superior concentración de ácido láctico, ácido fórmico y ácido succínico, todo ello acompañado de disminución del apetito, alteración de la motilidad del rumen y diarrea.

Fructonas, Polisacáridos de la fructosa, que además de hexosas y sacarosa cuentan con los carbohidratos vegetales solubles. En la hierba joven pueden constituir hasta el 20% del extracto seco, y en el rumen son desdoblados, pasando por fructosa, hasta ácidos grasos volátiles.

**Degradación de los disacáridos y monosacáridos:** La fermentación de la glucosa y la fructosa del alimento, así como el desdoblamiento de los polisacáridos, se realiza mediante la reacción de glucólisis con formación de piruvato o lactato, encontrándose ambos en el líquido del rumen en escasa concentración, como consecuencia de su rápida metabolización.

La glucosa, fructosa y sacarosa son rápidamente desdobladas, mientras que la galactosa, xilosa y arabinosa se degradan con bastante más lentitud. Glucosa y fructosa producen cantidades semejantes de ácidos. La sacarosa proporciona menos ácido láctico y una mayor cuantía de ácido acético a costa del ácido propiónico. El ácido acético prevalece especialmente en la degradación de la galactosa.

Sin duda el proceso más importante que tiene lugar en el rumen es el desdoblamiento de la celulosa y otros polisacáridos resistentes. Además del aporte de energía que para el animal esto supone, asegurar la salida de otros nutrientes de la célula que van asociados a la celulosa, propiciando el ataque de las enzimas sobre dichos nutrientes.

Aunque el papel principal lo tienen los microorganismos, existen otros que también intervienen favorablemente en éste proceso: El volumen del rumen que permite que el alimento se acumule y permanezca en él, el tiempo suficiente para que tenga lugar la ruptura de la celulosa, que es más bien lenta. Además los movimientos del rumen y el acto de rumiar contribuyen a la división del alimento, exponiéndolo al ataque de los microorganismos.

El rumen alberga numerosas especies de bacterias no esporuladas y de protozoos ciliados. Algunos tipos de protozoos y bacterias influyen entre sí.

La magnitud de la población microbiana del rumen depende del nitrógeno y contenido energético del pienso, de la calidad de este, del tipo de alimentación y del estado fisiológico en que se halle el animal.

De acuerdo a su acción principal las bacterias pueden agruparse en celulolíticas, amilolíticas, proteolíticas, capaces de aprovechar glucosa y lactato y metanogénicas.

Los protozoos y bacterias en su actividad producen, ácidos orgánicos intermedios, ácidos grasos volátiles,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{H}_2$ .

La degradación química comprende una etapa extracelular, en que los carbohidratos complejos son llevados a azúcares simples y la otra etapa intracelular, en que los azúcares simples son llevados a los productos finales del metabolismo del rumen.

Los azúcares simples, una vez formados desaparecen rápidamente del rumen, no por absorción, sino que son rápidamente metabolizados por los microorganismos del rumen.

Ya sabemos que la función del aparato digestivo es transformar las sustancias complejas del alimento en otras más simples y que pueden ser utilizadas por el animal.

### **2.3.3 Principales productos finales de la digestión de los carbohidratos**

#### **En monogástricos**

Cierta cantidad de almidón pudiera degradarse en la boca pero los productos finales sólo serían absorbidos en el intestino. Productos de la hidrólisis de los carbohidratos son liberados en el intestino delgado gracias a la acción de las enzimas del páncreas y del intestino delgado. De esta forma los azúcares son absorbidos y por vía porta llegan al hígado. Los carbohidratos que escapan al ciego son principalmente allí degradados



por enzimas bacterianas. Los ácidos grasos volátiles formados en esta zona son absorbidos y así empleados por los monogástricos.

### En los rumiantes

Los principales productos de la degradación de los carbohidratos en el rumen son: ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico (AGV) así como  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ .

Productos intermedios de importancia son los ácidos pirúvico, succínico y láctico, que en determinadas ocasiones se presentan en el contenido ruminal.

La concentración total de ácidos grasos volátiles en el rumen varía entre 0,2 y 1,5 g/100 ml, de acuerdo con la dieta que consume el animal y el tiempo transcurrido desde la última comida. También en el rumen varían las proporciones relativas de los ácidos grasos volátiles.

**Cuadro 1.**  
**Acidos grasos volátiles (AGV) en el rumen del ganado**

DIETA	AGV INDIVIDUALES PROPORCIONES MOLARES( %)				
	TOTAL AGV MOL/LTS.	ACETICO	PROPIONICO	BUTIRICO	OTROS
PASTO	137	64	22	11	3
PASTO ENSILADO	108	74	17	7	3
HENO ENTERO(40%) + CONCENTRADO(60%)	96	91	18	13	8
HENO PELLETS(40%) + CONCENTRADO(60%)	140	50	30	11	9
CEBADA(SIN PROTOZOOS)	146	48	28	14	10
CEBADA(CON PROTOZOOS)	105	62	14	18	6

En el Cuadro 1, se evidencia que el ácido predominante en la fermentación es el acético. De ello se deriva que dietas con alto contenido de fibra dan mezclas con una alta proporción de ácido acético. Sin embargo en dietas con alto contenido de concentrados el cuadro es completamente diferente (Véase la siguiente tabla).

**Cuadro 2.**  
**Efecto de la relación forraje: Concentrado**  
**sobre el patrón de fermentación puntual**

DIETA	AGV INDIVIDUALES PROPORCIONES MOLARES(%)				
	TOTAL AGV				
HENO: CONCENTRADO(%)	MOLES/LTS.	ACETICO	PROPIONICO	BUTIRICO	OTROS
100:0	97	66	22	9	3
80:20	80	61	25	11	3
60:40	87	61	23	13	2
40:60	76	52	34	12	3
20:80	70	40	40	15	5

Al aumentar la proporción de concentrado en la dieta disminuye la proporción de acético en el rumen y en correspondencia se eleva la concentración de propiónico. El butírico en cualquier caso sufre escasa variación y se presenta en bajos niveles, lo que pudiera estar relacionado con su pronta desaparición del rumen.

Con dietas sólo a base de concentrados la proporción de propiónico puede ser incluso mayor que la de acético, pero aún en estas condiciones puede predominar el acético, si los protozoos del rumen sobreviven en gran número.

En la vaca, el peso total de ácidos grasos volátiles producidos puede llegar a los 3 Kg., por día. La mayor parte se absorbe directamente en el rumen, redécilla y omaso, y sólo una pequeña parte atraviesa el abomaso y es absorbido en el intestino delgado. Algunos de los productos de la digestión de los carbohidratos en el rumen son utilizados por los microorganismos para sintetizar sus propios polisacáridos de reserva.

#### **2.3.4. Efecto de la ingestión de pienso sobre la concentración de AGV**

La cantidad de ácidos grasos volátiles presentes en el contenido líquido del rumen es un reflejo de la actividad microbiana y de la absorción o paso por el rumen.

Después de la ingestión de alimentos con alto contenido de carbohidratos fácilmente fermentables, la actividad microbiana aumenta rápidamente, determinando un aumento de la concentración de ácidos grasos volátiles. Los datos presentados en el Cuadro 3, ilustran los cambios que pueden esperarse que ocurrieran cuando los animales reciben alimento una vez al día:

**Cuadro 3**  
**Cambios en la concentración y porcentajes molares en AGV**  
**del Rumen después de la ingestión de alimento**

TIEMPO DESPUES DE LA (HORA)	FORRAJE ADMINISTRADO A OVIDOS							
	HENO DE ALFALFA				HENO DE TRIGO			
	AGV TOTALES	% MOLAR			AGV TOTALES	% MOLAR		
	MOL/L.	AC.	Pr.	Bu.	MOL/L.	AC.	Pr.	Bu.
0	83	70	15	15	87	68	18	14
2	210	70	19	11	141	59	25	16
4	255	69	19	12	182	58	26	16
6	216	70	19	11	205	59	27	14
8	223	71	19	10	136	60	26	14
12	228	73	17	10	152	64	23	13
16	183	73	16	11	132	67	21	12
20	135	71	16	13	114	68	19	13
24	100	69	17	14	90	70	17	13

Los datos del Cuadro 3, muestran un aumento considerable de la concentración de AGV totales medidos a partir de la ingestión de alimentos. Sin embargo, es interesante hacer notar que las proporciones molares de los AGV (acético, propiónico y butírico) cambiaron muy poco en ovejas alimentados con alfalfa, aunque los alimentados con trigo presentaron mayor variación.

Una alimentación suministrada en forma más frecuente ofrece un patrón ruminal completamente diferente. Por ejemplo, suministrando heno picado de alfalfa a ovejas a intervalos de una hora desde las 8 a las 19. Durante el período que va de las 12 a las 22, la cantidad de AGV varió muy poco (desde 63 a 78 moles/lts. para el ácido acético).

### 2.3.5 Efecto de los ingredientes de la ración sobre los AGV del rumen

Con respecto al total de ácidos grasos volátiles, los datos existentes son algo contradictorios, posiblemente por diferentes situaciones en la toma de muestras. Sin embargo, puede concluirse con seguridad que la ingestión de hierba verde, cantidades crecientes de suplementos hidrocarbonados o proteicos, niveles crecientes del consumo de alimentos y forrajes en forma de pellets tienden a producir mayores niveles de ácidos grasos volátiles.

Con respecto a la proporción o distribución molar de ácidos grasos volátiles se observan, generalmente, niveles elevados de acético con ensilado, heno y pastos maduros. La presentación en forma de pellets o el tratamiento térmico de cereales determina, generalmente, niveles mayores de ácido propiónico, aunque existen excepciones a este hecho.

Podríamos preguntarnos que factores contribuyen a determinar las diferencias entre las proporciones molares cuando los animales reciben dietas diferentes. Esta cuestión en condiciones prácticas está sujeta a

especulación. Sin embargo, se sabe que los cambios drásticos en la dieta determinan acusadas alteraciones en la población bacteriana y protozoaria, pudiendo suponerse que los cambios moderados en la dieta determinarán alteraciones moderadas en la población microbiana, aunque no se dispone de datos apropiados para demostrar esta afirmación. Además, por estudios hechos con cultivos puros se sabe que los productos finales procedentes de diferentes microorganismos son distintos, pudiendo así afirmarse que el cambio ocurrido en la población microbiana puede ser suficiente para explicar las diferencias observadas.

### **Interconversión de los AGV del rumen**

Durante la fermentación activa del rumen tiene lugar una interconversión de los principales ácidos grasos volátiles (AGV). Esto refleja, sin duda el hecho de que un ácido que constituye un producto final de un microorganismo puede ser un sustrato útil para otra especie de ácido.

Los resultados de investigaciones han demostrado, en general, que del acético pueden producirse cantidades considerables de butírico (40-80%), probablemente por condensación de dos moles de acético para formar un mol de butírico. Los resultados coinciden también en que cantidades muy pequeñas de acético proceden del propiónico (0-5%) y propiónico de butírico (2-5%). Cantidades considerables de acético proceden también al parecer del butírico. Las estimaciones de la formación de propiónico a partir de acético varían ampliamente (3-37%), como lo hace la formación de butírico a partir de propiónico (0-18%). El siguiente esquema puede ayudar a entender las transformaciones ocurridas en el rumen.

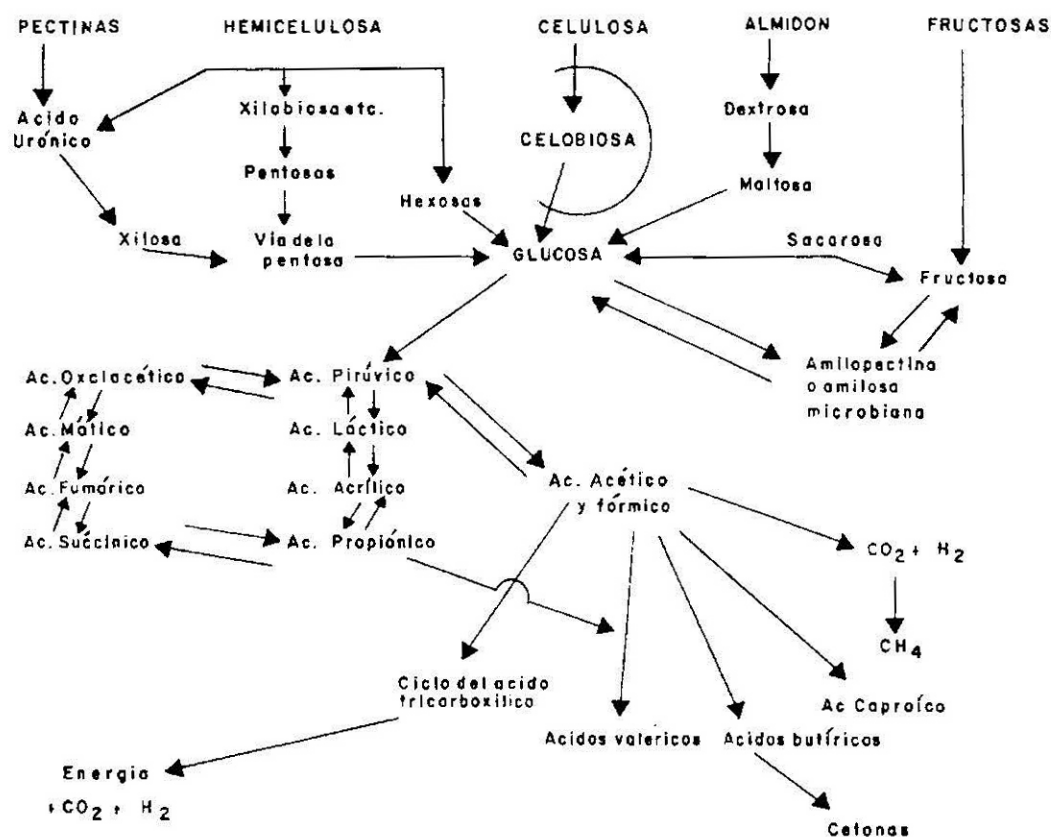


Figura 2  
Vías metabólicas de los carbohidratos en el Rumen

### 2.3.6 La fibra y su utilización

#### Monogástricos

En el intestino delgado no existen condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos, pero en el intestino grueso sobre todo en el ciego, hay una gran actividad microbiana. Por los estudios de digestibilidad hechos en el cerdo se sabe que tiene cierta capacidad para descomponer la celulosa, gracias a la actividad de los microorganismos en este tramo del tubo digestivo. Sin embargo la capacidad del cerdo para digerir la celulosa y otros polisacáridos complejos es pequeña comparada con la del caballo y los rumiantes que tienen un aparato digestivo especialmente adaptado para digerir alimentos fibrosos. Por la acción de los microorganismos sobre los polisacáridos no se producen azúcares, sino más bien ácidos grasos volátiles (AGV) como acético, propiónico y butírico.

El rumiante, debido al gran tamaño de su modificado aparato digestivo y el gran número de microorganismos que contiene, posee mayor capacidad que el caballo para digerir los alimentos voluminosos. En el caballo, una porción considerable del alimento puede ser digerido por los microorganismos de su intestino grueso.

El estómago del caballo es sencillo, pero el colon y ciego tienen una gran capacidad, con actividad bacteriana en los mismos similar a la del rumen. En ellos se digiere la celulosa y se producen y se absorben ácidos grasos, aunque la digestión de la celulosa no es tan completa como en los rumiantes. La digestión de los carbohidratos fácilmente fermentables es limitada en el intestino grueso, por que generalmente son degradados y absorbidos en el intestino delgado.

Debido a que la digestión microbiana se realiza en los últimos tramos del intestino (ciego y colon), el caballo tiene la desventaja, en comparación con el rumiante, de que los productos de la digestión microbiana tienen menos oportunidad de ser absorbidos y ninguna de ser sometidos a una acción posterior por las enzimas del animal.

**Rumiantes:** De los aspectos estudiados en páginas anteriores se deduce la gran capacidad de los rumiantes para utilizar la fibra de los alimentos. La adaptación de su aparato digestivo está dirigida a utilizar elevados volúmenes de fibra, presentes en los pastos y forrajes que consume.

La fracción fibra bruta de un alimento influye de sobremanera sobre el aprovechamiento de la misma, tanto por su cantidad (nivel en la dieta) como por su composición química. La celulosa pura es rápidamente digerida por los rumiantes e incluso por algunos monogástricos, pero si la celulosa es acompañada de lignina la digestibilidad de la fibra bruta disminuye. Cuando en un alimento aumenta la fracción de fibra bruta, como ocurre en los pastos al madurar, suele ser debido a una mayor lignificación de las paredes celulares y por lo tanto un menor aprovechamiento (digestibilidad de la misma).

Esta disminución en el aprovechamiento de la fibra afecta la utilización de los demás nutrientes a ella asociados, al quedar encerrados en el interior de las células cuyas paredes no atacadas impiden el acceso de las enzimas. Así en muchos alimentos, por cada 1% de aumento en la fibra bruta, disminuye la digestibilidad del resto de la materia orgánica (MO) de 0,7 a 1 unidad en los rumiantes y el doble en los cerdos.

## 2.4 Metabolismo de los carbohidratos

El metabolismo de los glúcidos en el organismo de los mamíferos puede ser subdividido en:

- 1.- Glucogénesis - Es la síntesis del glucógeno a partir de la glucosa y otros glúcidos.
- 2.- Glucogenolisis - Es la demolición del glucógeno: La glucosa es el producto final.

- 3.- Glucolisis - Es la transformación de la glucosa en pirúvico o láctico por la vía Embden - Meyerhof.
- 4.- Gluconeogénesis - La formación de glucosa o de glucógeno a partir de fuentes que no son carbohidratos.

Los sustratos principales para la glucogénesis son los aminoácidos glucogénicos, el láctico y el glicerol y en los rumiantes el propiónico.

- 5.- La derivación de la hexosamonofosfato (HMP, vía oxidativa directa, vía oxidativa del fosfogluconato, (ciclo de la pentosa) una vía alternativa a la de Embden - Meyerhof y a la del ácido cítrico para la oxidación de la glucosa.

### **Glucogénesis**

La formación de glucógeno ocurre prácticamente en todos los tejidos del cuerpo, pero principalmente en el hígado y los músculos, la glucogénesis tiene como primera reacción la fosforilación de la glucosa a glucosa 6 fosfato, la cual se logra por la acción de la enzima glucosinasa (Hexocinasa).

Durante los períodos en que los requerimientos energéticos del organismo disminuyen (reposo, actividad escasa, etc.), las células especialmente las hepáticas y musculares utilizan la glucosa 6 fosfato para restablecer sus reservas de energía polimerizándola hasta formar glucógeno.



### **III.**

# **LOS LIPIDOS**

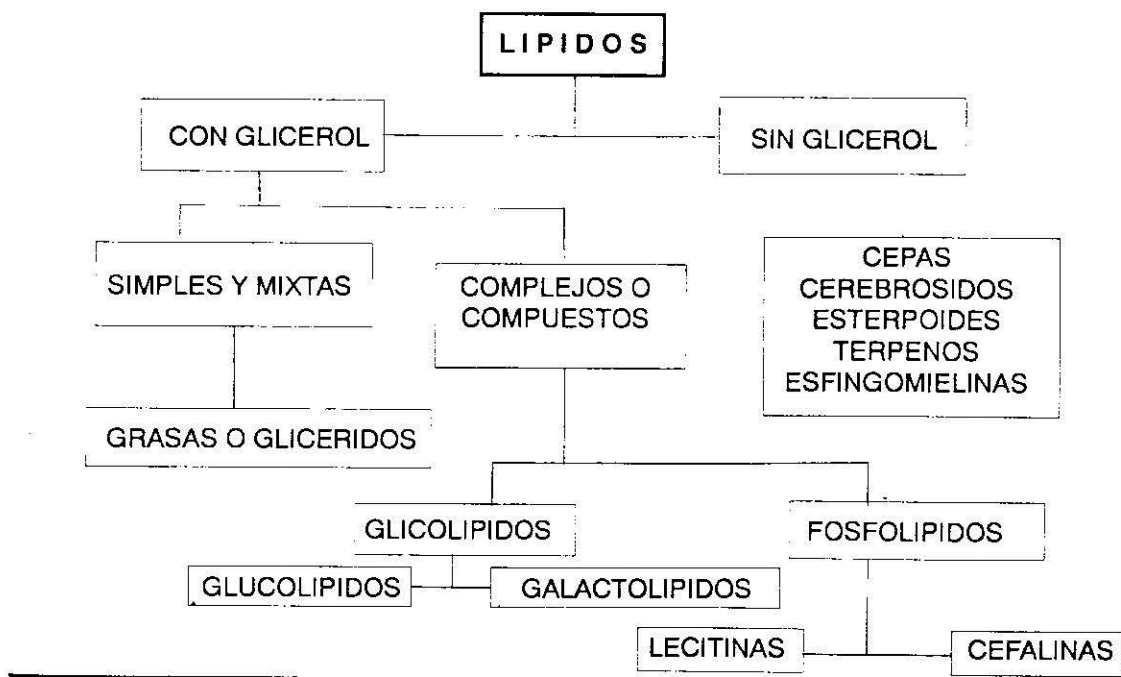
### III. LOS LIPIDOS

#### 3.1 Clasificación

Los lípidos que generalmente aparecen en los alimentos se encuentran en 3 grupos fundamentales:

- a) Grasas o Glicéridos o Lípidos Simples.
- b) Lípidos Complejos o Compuestos.
- c) Lípidos sin glicerol o Estéridos o ESTEROLES.

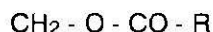
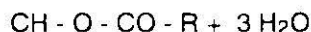
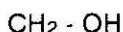
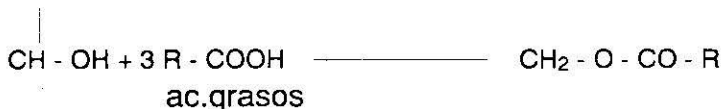
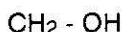
En el siguiente esquema puede observarse como están agrupados los lípidos en estas tres formas principales.



*Figura 3*  
*Clasificación de los lípidos*

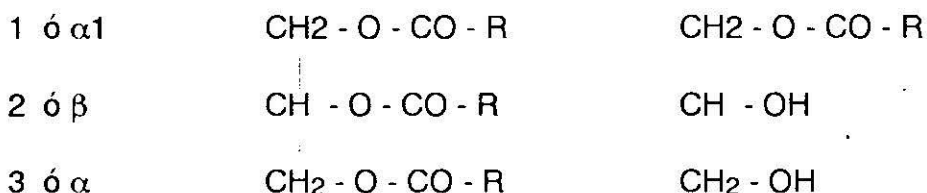
**Lípidos con glicerol:**

Son ésteres de los ácidos grasos con un alcohol (glicerina), que se representan por la fórmula general:

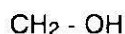
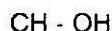
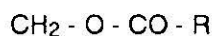
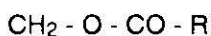


Triglicérido

Los átomos de carbono del glicerol o del triglicérido se designan con los números 1, 2 y 3 ó como  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\alpha$ .



Cuando se han esterificado dos radicales alcohol, el glicérido formado es un diglicérido, si se esterificó un solo radical alcohol el glicérido formado es un monoglicérido.

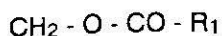
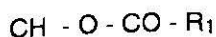


Diglicérido

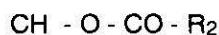
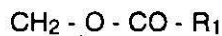
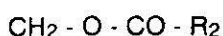
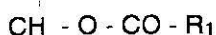
Monoglicérido

**Simples y mixtas (grasas o glicéridos)**

Se incluyen en este grupo, los lípidos cuando interviene el mismo tipo de ácido graso en la esterificación: Simple.



O cuando en la esterificación interviene más de un tipo de ácido graso: mixtas.



Las grasas y aceites naturales son mezclas de triglicéridos mixtos, aunque también existen en la naturaleza triglicéridos simples.

Los ácidos grasos más difundidos en los alimentos generalmente pertenecen a la serie saturada y van desde el butírico de 4 átomos de carbono al cerótico de 26 átomos de carbono. Los que se presentan en los alimentos de la serie insaturada generalmente presentan uno, dos, tres, cuatro o más doble enlaces (insaturación).

Los ácidos grasos saturados e insaturados de igual número de átomos de carbono presentan diferencias entre sí. Los insaturados añaden más fácilmente dos átomos de yodo por cada doble enlace (diferentes índice de yodo). Presentan además, diferencias en otras propiedades físicas y químicas, por eje.: punto de fusión y actividad química. Los ácidos grasos que más abundan en las grasas naturales se ofrecen en el siguiente cuadro.

**PRINCIPALES ACIDOS GRASOS SATURADOS**

HC	NOMBRE	FORMULA
2	A. acético	CH <sub>3</sub> - COOH
3	A. propiónico	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - COOH
4	A. butírico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> - COOH
6	A. capríico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> - COOH
8	A. caprílico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> - COOH
10	A. cáprico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> - COOH
12	A. Láurico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> - COOH
14	A. mirístico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> - COOH
16	A. palmítico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> - COOH
18	A. esteárico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> - COOH
20	A. araquídico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> - COOH
22	A. behémico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>20</sub> - COOH
24	A. lignocérico	CH <sub>3</sub> - (CH <sub>2</sub> ) <sub>22</sub> - COOH
INSATURADOS		
	Oleico	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH
	Linoléico	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH
	Linolénico	C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOH
	Araquidónico	C <sub>19</sub> H <sub>31</sub> COOH

**Lípidos complejos o compuestos**

Son lípidos celulares y humorales difundidos en los tejidos formando parte de las llamadas grasas fisiológicas. Estos esteres presentan ácidos grasos con ácidos fosfóricos y bases nitrogenadas.

**Lípidos sin glicerol**

Forman un grupo importante de compuestos dotados de funciones biológicas específicas. Entre los de mayor importancia están los esteroides, ácidos biliares, hormonas suprarrenales y sexuales, etc.

**3.2. Propiedades de las grasas****Hidrólisis**

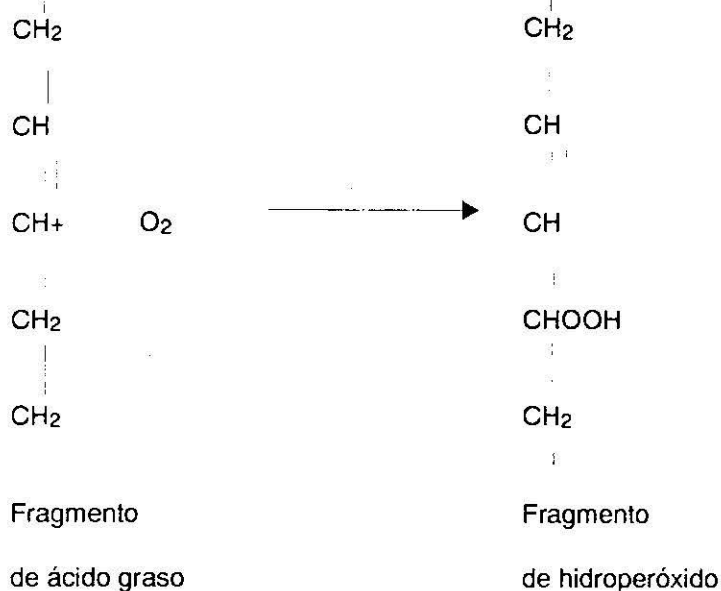
Las grasas se pueden hidrolizar hirviéndolas con álcalis (saponificación). La hidrólisis también puede ocurrir de forma natural, por enzimas conocidas con el nombre de lipasas. Las enzimas pueden tener cierta especificidad y catalizar con preferencia posiciones particulares de la molécula del diglicérido. El ácido graso unido al carbono del glicerol es más difícil de hidrolizar que los de posición  $\alpha^1$  y  $\alpha$ .

La hidrólisis de las grasas puede ser total: dando como resultado una mezcla de glicerol + ácidos grasos libres o parcial: produciendo una

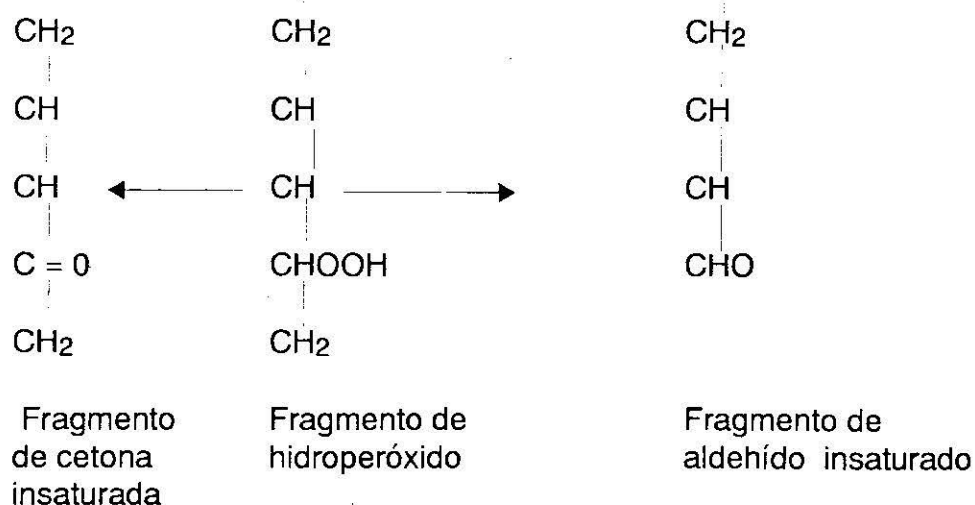
mezcla de monoglicéridos + diglicéridos + triglicéridos + glicerol + ácidos grasos libres.

## Oxidación

Los ácidos grasos no saturados se oxidan con facilidad en el carbono adyacente al doble enlace, formando hidroperóxidos.



Estos hidroperóxidos pueden romperse dando aldehídos y cetonas:

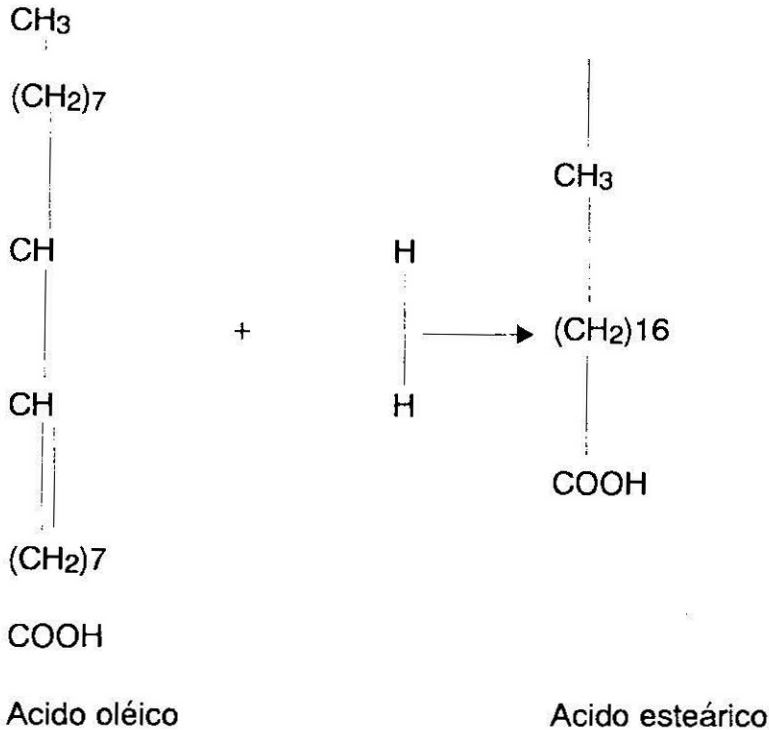


El desarrollo de la oxidación de las grasas se favorece por la presencia de metales pesados (Cu, Fe) y por exposición a la luz ultravioleta. La

oxidación de las grasas trae como consecuencia el desarrollo de un olor y sabor desagradables, conocido por **enranciamiento cetónico**.

### Hidrogenación

Es el proceso mediante el cual se fija hidrógeno a los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados de una grasa, convirtiéndolos en los saturados correspondientes. De esta forma el ácido oléico (insaturado), tomándolo como ejemplo, se transforma en esteárico (saturado):



El endurecimiento de las grasas al hidrogenarse se debe a que los ácidos grasos saturados tienen puntos de fusión más elevados que los insaturados correspondientes. Para que la reacción sea practicable es necesario el empleo de un catalizador, que por lo general es níquel finamente dividido. Más adelante veremos que el proceso digestivo también puede contribuir a la hidrogenación de las grasas.

### Antioxidantes

Las grasas naturales poseen un cierto grado de resistencia a la oxidación debido a la presencia de sustancias antioxidantes que protegen a los ácidos grasos hasta que ellos mismos son transformados en compuestos inertes.



Los antioxidantes se utilizan en la fabricación de piensos para el ganado con la finalidad de proteger de la oxidación a los compuestos sensibles a esta alteración. En los piensos se encuentran como sustancias sensibles a la oxidación principalmente los ácidos grasos insaturados, las vitaminas A y E y los carotenos. Cuando estos alimentos se almacenan durante largo tiempo sin agregar antioxidante, gran parte de los compuestos sensibles a la oxidación, contenidos en aquellos se descomponen de acuerdo con el tiempo de almacenamiento.

### **3.3. Constantes analíticas de las grasas**

#### **Punto de fusión e índice de Yodo**

##### **Punto de Fusión**

Los puntos de fusión de los ácidos grasos aumentan con el peso molecular y los ácidos grasos insaturados tienen punto de fusión más bajos que los saturados correspondientes. Los ácidos grasos confieren sus propiedades a las grasas de las que forman parte: Las grasas que contienen ácidos grasos de cadena corta o ácidos grasos insaturados presentan el punto de fusión bajo y a la temperatura ambiente son líquidos o poco consistentes. Por otra parte, una grasa con ácidos grasos de elevado peso molecular tendrá un punto de fusión alto y será dura y consistente. Por lo tanto, el punto de fusión de las grasas nos da una medida indirecta de su composición en ácidos grasos, aunque no nos indica los ácidos grasos individuales.

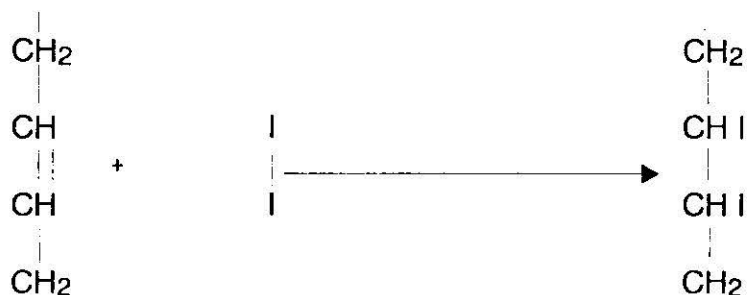
Como el punto de fusión depende de los ácidos grasos que predominan en la grasa tenemos que:

La grasa humana, que contiene 65-87% de ácido oleico, funde a 17,5°C; la de carnero, a 44-51°C; la de cerdo, a 36-46°C; la de vaca a 42-47°C; la de perro, a 37-40°C; de la mantequilla, a 28-34°C; y la de ganso, a 26-34°C.

Se les suele llamar aceites a los glicéridos líquidos a la temperatura ordinaria, en los que predominan los ácidos grasos insaturados, y grasas propiamente dichas los glicéridos sólidos a esa temperatura, grupo en el que predominan los ácidos grasos saturados.

##### **Índice de Yodo**

Los ácidos grasos insaturados contienen dobles enlaces a los que se fijan los halógenos. La reacción puede representarse así:



Radical de ácido

graso insaturado

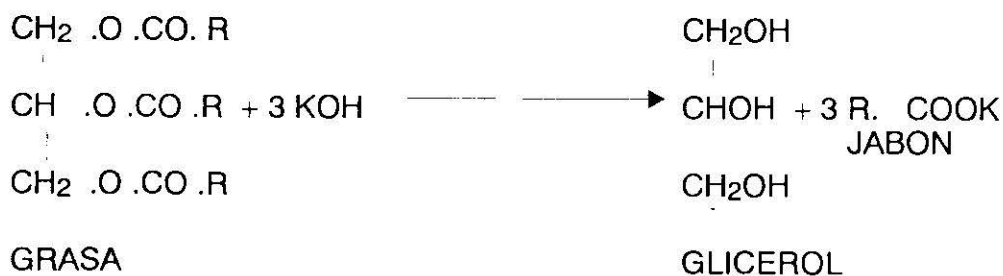
Ej: Índice de Yodo de algunas grasas (gr.l/100 gr.grasas).

Mantequilla .....	26-38
Manteca de cerdo .....	50-70
Sebo (bovino) .....	36-48
Aceite de oliva .....	78-91
Aceite de lino .....	173-202
Aceite de hígado de bacalao .....	144-168

La cantidad de Yodo fijada por una grasa depende del grado de insaturación de sus ácidos grasos. En esto se basa el índice de Yodo, definido como el número de gramos de Yodo absorbidos por 100 gr.de grasa. Los aceites con un contenido elevado en ácidos grasos insaturados tienen un índice de Yodo alto, así, el aceite de linaza tiene un índice de 180, en cambio el del aceite de coco, que tiene pocos ácidos grasos insaturados, no llega más que a 8.

### Índice de saponificación

Las grasas pueden ser hidrolizadas por los álcalis fuertes de acuerdo con la siguiente ecuación:



Es evidente que para saponificar una molécula de cualquier glicérido hace falta siempre el mismo peso de álcali, de lo que se deduce que el peso del triglicérido saponificado por un peso fijo de KOH, variará de acuerdo con el peso molecular de los ácidos grasos que lo constituyen. Viendo inversamente resultará que la cantidad de KOH necesario para saponificar un peso dado de grasa nos da una medida del peso molecular de los ácidos grasos predominantes en dicha grasa.

El índice de saponificación se define como el número de miligramos (mg) de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar un gramo de grasa.

La grasa con índice de saponificación elevado, contiene una gran proporción de ácidos grasos de bajo peso molecular, mientras que un índice bajo indica el predominio de ácidos de peso molecular alto.

### **3.4. Principales funciones de las grasas**

Se consideran las grasas indispensables en la alimentación en cuanto que son normalmente fuentes de ácidos grasos esenciales (oleico, linoleico, araquidónico). Sin embargo, para que un animal cubra sus requerimientos en ácidos grasos esenciales precisa tan sólo unos pocos gramos de grasa (extracto etéreo) en su alimento.

La fracción grasa de los alimentos proporcionan una valiosa fuente de energía para el animal.

El contenido en grasa de los alimentos tiene gran importancia en la selección y empleo de los alimentos. Por ej.: el volumen de la leche completa queda compensando por la riqueza en energía de su contenido graso. Sin este componente, la leche no sería útil como primera dieta de los mamíferos, ya que la relación entre su volumen y la capacidad del tracto digestivo impediría que los animales jóvenes consumiesen suficiente energía para cubrir las necesidades del crecimiento inicial.

Puede apreciarse con frecuencia que las raciones carentes de grasa o con un bajo contenido de este nutriente son peor aceptadas por los animales que aquellas con una mayor cantidad de grasa. La adición de grasa al pienso contribuye a reducir el carácter pulvurulento del mismo.

Las grasas contienen una energía potencial de 9,35 Kcal por gramo, unas 2,5 veces superior a las que contiene un gramo de carbohidratos.

### **Contenido de lípidos en los diferentes alimentos**

La materia lipídica de mayor importancia, tanto en las plantas como en los animales es la grasa. El contenido de grasa del organismo animal es variable y depende de la edad; al aumentar ésta aumenta el porcentaje

de aquella. El contenido en lípidos de las plantas es relativamente pequeño, por ejemplo, el de la materia seca del pasto no asciende más que al 4 ó 5%. En el siguiente cuadro se da el contenido de grasa de algunos alimentos.

**Cuadro 4**  
**Composición centesimal de algunos productos**  
**vegetales y animales**

PRODUCTO	GRASA %
PASTO DE GRAMINEAS (TIERNO)	1,0
GRANO DE TRIGO	1,9
MANI	44,9
VACA LECHERA	20,6
SANGRE	0,6
HIGADO	6,5
MUSCULO	4,3
LECHE (DE VACA)	3,6

### 3.5. Digestión de las grasas

La digesta pasa el intestino delgado y a partir de ese momento presenta ya una consistencia semilíquida o líquida, y recibe la denominación de quimo. En el canal entérico el quimo entra en contacto con nuevas secreciones digestivas que prosiguen la degradación de los alimentos. Las grasas son en primer lugar emulsionadas.

#### 3.5.1 En animales monogástricos

Antes de su ingreso en el intestino, la grasa de los alimentos es degradada, en sólo muy pequeña proporción en el estómago; siendo por ello importantísima la misión de la lipasa pancreática (muy activa) en la degradación de las grasas a nivel del intestino delgado. La lipasa pancreática escinde las grasas, pasando por diglicéridos y monoglicéridos, pudiendo incluso hidrolizarlas completamente en ácidos grasos y glicerina.

La grasa de coco es la que más rápidamente se hidroliza; le siguen en orden decreciente de velocidad de degradación, el aceite de semilla de palma, la mantequilla y, sin diferencia entre sí, la manteca de cerdo, la de buey y el cebo.

El pH óptimo para la acción de la lipasa pancreática se sitúa en 8.0.

Cuando el contenido gástrico penetra en el duodeno tiene lugar la transformación en jabones de una parte de los ácidos grasos libres, a causa de la elevada cantidad de bicarbonato existente en el jugo pancreático.

Estos jabones, junto con los ácidos biliares, actúan emulsionando las grasas; el grado de emulsión alcanzado es de gran importancia para la actividad de las lipasas. La formación de gotitas de grasa en suspensión (emulsión) aumenta enormemente la superficie de contacto de la grasa original y por tanto aumenta el área de ataque para la lipasa. La falta de jugo pancreático en el intestino produce trastornos graves de la digestión, sobre todo la degradación de lípidos, y además altera la absorción de los productos de degradación de las grasas y de las vitaminas liposolubles:

### **La bilis y su secreción**

La bilis formada en el hígado, constituye tanto una excreción como una secreción. Por una parte, cierto número de productos metabólicos, por ejemplo, los pigmentos biliares, abandonan el organismo por vía biliar y, por otra parte, se contiene en la bilis compuestos químicos en forma de ácidos biliares que son de gran importancia para el proceso digestivo de los lípidos.

Los ácidos biliares que junto con la bilis son vertidos al intestino son reabsorbidos en su mayor parte en el íleon, mediante transporte activo, después de la absorción de monoglicéridos y ácidos grasos. Después de ser separados de los ácidos grasos pasan a la circulación portal y son transportados de nuevo al hígado. En cada ciclo se pierde de 10-20% de los ácidos biliares, cantidad que debe ser repuesta de manera continua por el hígado.

### **Degradación de los lípidos en el intestino delgado**

Al ingerir raciones con un contenido corriente de grasa, se desdobra o hidroliza la mayor parte de la grasa alimentaria, y sólo una escasa proporción es absorbida como grasa por la mucosa intestinal. La emulsión de las grasas, su hidrólisis y la formación de micelas son el requisito previo para la absorción de los ácidos grasos de cadena larga.

Las grasas alimentarias se emulsionan en el intestino delgado con la colaboración de las sales de los ácidos biliares como detergentes. Los ácidos biliares contribuyen a la formación de las fases micelares en la luz del intestino.

La lipasa pancreática rompe los enlaces estéricos de la grasa emulsionada, produciéndose monoglicéridos y ácidos grasos libres, como productos del desdoblamiento.

Los ácidos grasos generados en el desdoblamiento y los que pudieran estar inicialmente presentes en el alimento, forman con los monoglicéridos y ácidos biliares unos agregados cargados negativamente y que se conocen con el nombre de micelas. estas poseen un diámetro de 40-50

$\text{\AA}$  y pueden penetrar bien en los espacios intermedios entre los distintos microvilli de la franja pilosa (500-1000  $\text{\AA}$ ). En cualquier caso, sólo una parte de los monoglicéridos y ácidos grasos del contenido intestinal se halla en fase micelar, que experimenta entonces una rápida absorción.

Con la formación de micelas se produce, en comparación con las grasas emulsionadas, una acusada disminución del volumen de los glóbulos grasos y un aumento de 1000 veces de su superficie. De un glóbulo en emulsión pueden producirse  $10^6$  micelas (figura # 4).

Mediante la absorción de los ácidos grasos y monoglicéridos contenidos en las micelas, se liberan los ácidos biliares y pueden colaborar en la emulsión de las grasas o bien son absorbidos en el íleon.

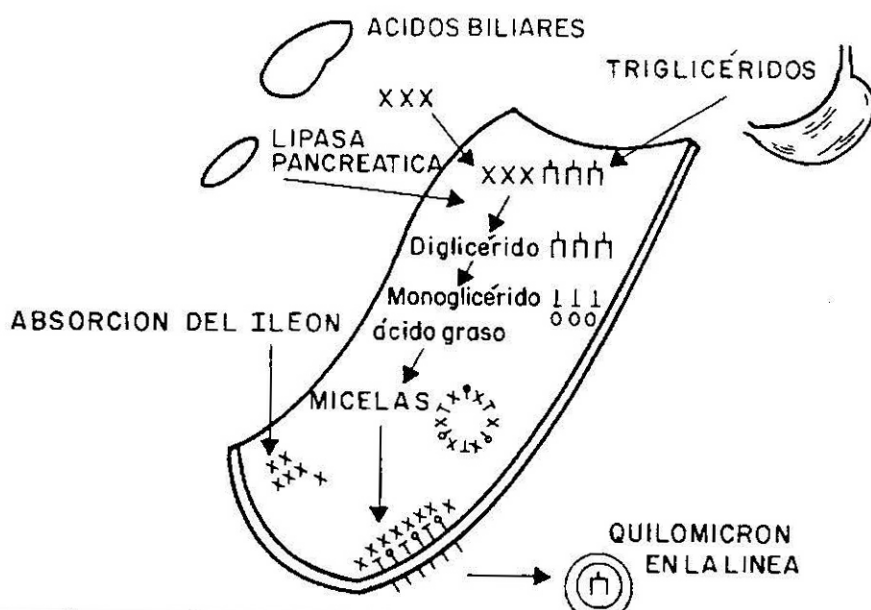


Figura 4

*Esquema de la formación de micelas en el contenido intestinal*

Concretamente, las sales biliares contribuyen al proceso de emulsión de las grasas, subdividiendo los glóbulos de grasa del alimento en partículas más pequeñas; los quilomicrones. Con esto aumenta enormemente la superficie de contacto entre la lipasa y la grasa, facilitándose la degradación.

Producto de esta degradación se producen monoglicéridos y ácidos grasos libres que en unión de las sales biliares forman partículas aún más pequeñas que los quilomicrones: las micelas, facilitándose con ello el proceso de absorción. Los productos absorbidos por esta vía llegan al hígado por circulación portal.

Además, la formación de quilomicrones permite que la mucosa intestinal, por el proceso de pinocitosis; absorba grasa intacta, pasándola a la linfa.

### 3.5.2 En rumiantes

Se sabía desde hace varios años que los depósitos grasos de los rumiantes están poco sometidos a modificación por cambios en la dieta o el aporte de cantidades relativamente grandes de grasas y aceites insaturados. En los monogástricos, por el contrario el aporte alimenticio de cantidades grandes de grasas insaturadas puede afectar marcadamente el depósito de grasa. La grasa depositada en los rumiantes contiene grandes cantidades de ácido esteárico (C18:0), cantidades importantes de isómeros trans, así como ciertas cantidades de ácidos de cadena ramificada. La grasa de la leche, particularmente, contiene cantidades apreciables de ácido de cadena impar, los cuales no son característicos de los vegetales; así era evidente que la síntesis de estos ácidos tenía que realizarse en la panza o en los tejidos del organismo. Investigaciones recientes señalan que la mayor parte de esta actividad tiene lugar en el rumen, produciéndose modificaciones características de la grasa contenida en la dieta, así como síntesis de los ácidos de cadena impar y de cadena ramificada.

### Hidrólisis de las grasas

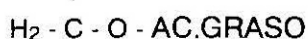
Los datos publicados sobre el metabolismo en el rumen de los lípidos de la dieta indican que en él tiene lugar una rápida hidrólisis. Miller y Cramen (1967) observaron que el alcance de la hidrólisis de diferentes aceites y grasas (tanto vegetales como animales) iba desde un máximo de alrededor del 93% (aceite de linaza) hasta un mínimo del 35% (espermaceti). Los vegetales eran, en general, hidrolizados más completamente que las grasas animales o aceites de pescado.

Datos publicados por varios investigadores indican que el glicerol puede ser metabolizado por microorganismos del tipo *Selenomonas ruminantium*, dando ácido propiónico como principal producto de fermentación. Son gérmenes gramnegativos, cuyo número en el contenido de la panza sólo se modifica levemente administrando glicerina o triglicéridos. La administración de penicilina y otros antibióticos reduce la actividad lipolítica del contenido del rumen, lo cual explica el efecto de esta medida en la profilaxis del timpanismo.

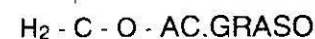
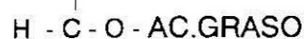
A partir de los lípidos del alimento se liberan ácidos grasos por los microorganismos del rumen, que rompen mediante hidrólisis los enlaces estéricos. Sin embargo, apenas es posible evidenciar en la panza la presencia de productos intermedios de la degradación en forma de di y monoglicéridos.



Los ácidos grasos de cadena larga generados en la hidrólisis no son ni absorbidos ni metabolizados en los preestómagos. Los alimentos vegetales cuentan con una fracción de grasa del 4 al 10% de la MS. Estas grasas vegetales se componen preferentemente de mono- y digalactosil - diglicéridos, en unión de fosfolípidos, triglicéridos, sulfolípidos y otros.



MONOGALACTOSIL-DIGLICERIDO



DIGALACTOSIL-DIGLICERIDO

En el desdoblamiento de los galactosil-diglicéridos se produce además galactosa, que es metabolizada por los microorganismos del rumen produciendo AGV.

### Hidrogenación de los ácidos grasos insaturados en el rumen

Los ácidos grasos de las grasas pueden ser hidrogenados total o parcialmente tras su hidrólisis en el rumen por las bacterias y protozoos allí existentes. La hidrogenación total de los ácidos oléico (18:1), linoléico (18:2) y linolénico (18:3) originan esteárico (18:0), mientras que la hidrogenación parcial de los mismos, produce isómeros dis y trans, así como isómeros de posición (existencia de doble enlaces conjugados).

### Degradación de la glicerina y galactosa

El glicerol y la galactosa son metabolizados hasta AGV en el rumen, la glicerina preferentemente en propiónico, y la galactosa en acético, propiónico y butírico.

### Formación de ácidos grasos de cadena larga en el rumen y composición de la grasa microbiana

Según estudios realizados en ovejas, la cantidad de ácidos grasos de cadena larga que abandonan el abomaso es superior a la cifra de los mismos ingerida en el pienso. Este aumento es más marcado cuando se consumen raciones ricas en almidón que al tomar raciones con abundante fibra bruta. Alrededor del 80% del aumento de ácidos grasos de cadena larga en el rumen corresponden al esteárico, prevaleciendo en la fracción restante el palmítico. El aumento de esteárico sólo puede explicarse en parte, sin embargo, con la hidrogenación de ácidos de 18 átomos de

C.insaturados. Es probable que además tenga lugar un aumento de los ácidos esteárico y palmítico mediante el alargamiento de las cadenas de ácidos grasos cortos.

Las grasas de los microorganismos del rumen se caracterizan por su elevada cantidad de ácidos grasos ramificados con 13, 14, 15, 16 y 17 átomos de C, de ácidos grasos con un número impar de átomos de C y por la presencia de aldehídos. Además contienen ácidos grasos sin ramificar y ácidos de 18 átomos de C monoinsaturados.

### **Influencias sobre la composición de ácidos grasos de los depósitos adiposos**

La hidrogenación total o parcial de los ácidos grasos en el rumen y las particularidades de los ácidos grasos microbianos, originan diferencias en la composición de los ácidos grasos de la leche y depósitos adiposos de los rumiantes en comparación con los animales monogástricos.

Se destaca la elevada proporción de ácido esteárico en la grasa de depósito, la presencia de isómeros de ácidos insaturados con trans-dobles enlaces, la de ácidos grasos ramificados y de ácidos grasos con número impar de átomos de C. Los tres últimos son sin duda de origen exclusivamente microbiano.

### **3.6. Metabolismo de los lípidos**

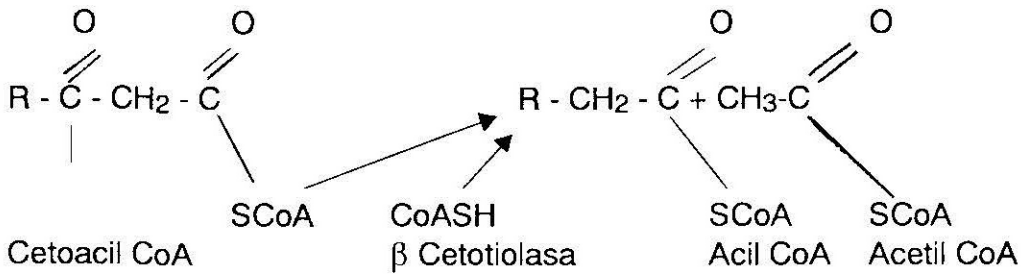
La acción continuada de las lipasas provoca el desdoblamiento del triglicérido en tres moles de ácidos grasos y un mol de glicerina. Una vez que se ha degradado la grasa en sus unidades constituyentes, cada uno de ellos tomará o encauzará su degradación final por rutas diferentes.

La glicerina está íntimamente relacionada con el catabolismo de los carbohidratos en su fase intermedia, por ser ésta convertida fácilmente por un conjunto de enzimas en el gliceraldehído 3-fosfato. Del proceso de degradación de una grasa, el balance energético por la entrada y degradación del gliceraldehído- 3 -p a la ruta glicolítica en condiciones aeróbicas resulta un total de 22 ATP.

La acción de las lipasas sobre los triglicéridos constituye una fuente de ácidos grasos libres, también es proveedora de estos la degradación de los fosfoglicéridos de la membrana celular. Kennedy y Lehninger (1948-1949) demostraron que la oxidación de los ácidos grasos, independientemente del organismo de que se tratara, se realizaba en las mitocondrias.

Una vez que ha penetrado a la mitocondria el ácido graso experimentará oxidaciones sucesivas por la acción de un conjunto de enzimas localizadas en los compartimientos interiores de la mitocondria. El proceso es

denominado  $\beta$  oxidación por ocurrir en el carbono  $\beta$  del ácido graso obteniéndose al final de las distintas fases un acetil CoA disminuido en dos carbonos y una fracción de acetil CoA.



El balance energético de la degradación oxidativa de los A.G. está determinado por la estrecha vinculación de la  $\beta$  oxidación con el ciclo de Krebs, la cadena respiratoria y la fosforilación oxidativa.

El valor real del balance es de 61ATP

En los ácidos grasos de número impar de átomos en el proceso de oxidación queda un compuesto de tres átomos de carbono: el propionil CoA que posteriormente pasa a ser por la secuencia de reacciones metil malonil  $\rightarrow$  Succinil CoA que luego se incorpora al ciclo de Krebs. El balance energético total de estas reacciones es de 5 ATP. En el caso de los vertebrados, el hígado es capaz de desviar una parte del acetil CoA producido por la oxidación de los A.G. hacia la formación de cuerpos cetónicos (ácido acetilacético, -hidroxibutírico, acetona), fomentado por ingestiones altas de lípidos o por trastornos metabólicos (diabetes), también se puede dar por una inhibición de la enzima citrato sintetasa o por ayuno prolongado de glucosa produciendo un aumento de estos cuerpos cetónicos e inclusive su eliminación en grandes cantidades por la orina.

## Los fosfolípidos

La lecitina (fosfatidil colina) es el fosfolípido que se encuentra en mayor cantidad en los tejidos de los animales. Se puede sintetizar por dos vías: al utilizar la colina o por metilación de la fosfatidil etanolamina. La última se lleva a cabo en el hígado. La degradación de los fosfolípidos se efectúa a través de la hidrólisis de los ésteres de carboxilo y de los ésteres de fosfato o los A.G. y los otros metabolitos que se liberan durante la hidrólisis pueden penetrar al ciclo de Krebs (ATC). El glicerol puede penetrar a la vía de la glucólisis o se puede utilizar en la síntesis de los triglicéridos o de los fosfolípidos.

## **Esteroides**

El colesterol es el esteroide que se encuentra en mayor abundancia en la dieta, es el precursor de los otros esteroídes. La biosíntesis se efectúa a partir del acetyl CoA. El consumo dietético controla esa biosíntesis, en parte el consumo elevado disminuye la biosíntesis, un consumo bajo incrementa la síntesis. El colesterol, además de excretarse en la bilis y de su conversión en ácidos biliares, también se utiliza para la síntesis de las hormonas esteroideas (progesterona, testosterona, estrógeno, de la corteza suprarrenal). O se almacena como un componente de los depósitos patológicos en los conductos biliares (cálculos vesiculares) y en las arterias.

# **IV PROTEINAS**

## **IV. PROTEINAS**

La Proteína es el componente más importante de los tejidos animales, ya que es el nutriente que aparece con mayor concentración en el tejido muscular de los animales. Las proteínas son combinaciones orgánicas de estructura compleja y elevado peso molecular, que por hidrólisis se desintegran en elementos complejos denominados aminoácidos, los cuales se encuentran unidos entre sí de una forma característica, formando el prótido. Se componen esencialmente de C, N, H, y O pero son también muy frecuentes el azufre y el fósforo y no son raros el cobre, hierro, calcio y el magnesio.

Todas las células contienen proteínas y la renovación celular se produce con rapidez, especialmente en las células epiteliales del tracto intestinal. El aporte de proteína con la dieta, resulta esencial para cubrir las necesidades de renovación, para el crecimiento y otras funciones productivas.

### **4.1 Clasificación de las proteínas**

Las proteínas o prótidos forman el grupo de sustancias orgánicas más difundidas y deben su importancia biológica al hecho de que los protoplasmas celulares y todos los tejidos de los organismos animales y vegetales los contienen en determinada medida. Las plantas y muchos microorganismos son capaces de sintetizar las proteínas a partir de compuestos nitrogenados inorgánicos (NNP). Los animales están desprovistos de esta facultad, y por esto su vida depende de un suministro de sustancias protéicas a través de los alimentos.

Puesto que las proteínas son materia principal de las estructuras blandas del cuerpo del animal, es necesario suministrarlas con liberalidad y de modo continuo para el crecimiento y reproducción, por lo cual la transformación de las proteínas de los alimentos en proteínas del cuerpo constituye una parte importante del proceso de la Nutrición. El término proteínas abarca un enorme grupo de sustancias que tienen notables semejanzas de caracteres físicos y químicos, pero son distintos fisiológicamente. Las

proteínas vegetales difieren entre sí y de las proteínas animales; cada especie animal tiene sus proteínas peculiares, y un animal determinado contiene proteínas diversas en sus diferentes órganos, tejidos y líquidos. De hecho, no hay dos proteínas que sean exactamente iguales en su conducta fisiológica. Esta especificidad fisiológica hace que la nutrición proteica sea complicada.

**Composición elemental de las proteínas:** Las proteínas contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, como las grasas y carbohidratos, pero además contienen notable proporción de nitrógeno. Muchas tienen también azufre, y en algunas se encuentra hierro y fósforo. La composición elemental de las proteínas más comunes corresponde aproximadamente los siguientes intervalos de valores.

ELEMENTO	%
C	51-55
O	21,5 - 23,5
N	15,5 - 18
H	6,5 - 7,3
S	0,5 - 2,1
P	0 - 1,5

La relación estequiométrica que existe entre el peso elemental de N y el peso unitario de la sustancia proteica varía de 5,56 a 6,45, estando alrededor de 6,25. Al multiplicar este factor por el % de N en la muestra se obtiene el contenido de proteína bruta de la misma (PB).

Las proteínas no pueden ser identificadas ni distinguidas unas de otras por ninguno de los métodos químicos corrientes, por lo que su clasificación se basa en sus propiedades físicas. Se da en forma abreviada la clasificación generalmente aceptada:

### 1. Proteínas simples

Este grupo comprende las que por hidrólisis sólo dan aminoácidos y sus derivados. Se dividen en globulinas, histonas, protaminas, albúminas, glutelinas, solubles en alcohol y albuminoides.

### 2. Proteínas conjugadas

Son las constituidas por proteínas simples en combinación con radicales no protéicos. Se distinguen 5 subgrupos:

- Nucleoproteídos. Formadas por moléculas de proteínas y ácidos nucleicos.
- Glucoproteídos. Compuestos de una molécula de proteína y una o varias sustancias que contienen un carbohidrato.



- c) Fosfoproteídos. Compuestos de una molécula de proteína con una sustancia que contiene fósforo.
- d) Hemoglobinas. Compuestos de una molécula de proteína con hema-tina o una sustancia similar.
- e) Lecitoproteídos. Compuestos de una molécula de proteína con leciti-na.

## **4.2. Funciones de las proteínas**

**Plásticas:** Constituyen el material plástico principal en la síntesis de la materia viviente.

**Control de los mecanismos genéticos:** Este control está garantizado por proteínas especiales.

**Fuente de energía:** Los aminoácidos son desaminados por el organismo para emplear sus cadenas carbonadas como fuente de energía.

**Biorreguladoras:** Las hormonas y enzimas están constituidas por proteínas específicas que garantizan la función de estos biorreguladores.

**Defensa:** Las globulinas y anticuerpos son proteínas que garantizan la defensa del organismo.

**Transporte:** El transporte de nutrientes y metabolitos en general está garantizado por la actividad de determinadas proteínas que intervienen en funciones de transporte.

### **4.2.1 Aminoácidos**

Se han indentificado 23 aminoácidos como componentes de las diversas proteínas vegetales y animales, y el medio esencial de distinguirlas se basa precisamente en la clase y cantidades de aminoácidos que las forman. Estos aminoácidos son los productos finales obtenidos por hidrólisis cuando se hierven las proteínas durante un tiempo prolongado con ácidos fuertes o cuando actúan sobre ellas ciertas enzimas.

También son los aminoácidos los productos finales de la digestión de las proteínas, y las "piezas" con que se forman las proteínas del organismo, así como los productos intermedios del catabolismo de las sustancias proteicas.

#### **4.2.1.1 Clasificación de los aminoácidos**

Se pueden clasificar según la serie de compuestos orgánicos a que pertenecen:

I. Aminoácidos alifáticos.

- a) Ácidos monoamino - monocarboxílicos (NEUTROS).  
Glicina            Serina            Leucina            Norleucina  
Alanina            Valina            Isoleucina        Treonina
- b) Ácidos monoamino- dicarboxílicos (FUNCION ACIDA)  
Asparaginico    Hidroxiglutamico  
Glutamico
- c) Ácidos diamino - monocarboxílicos (FUNCION BASICA)  
Arginina            Lisina
- d) Ácidos que contienen azufre (NEUTROS)  
Cistina            Metionina        Cisteina

## II. Aminoácidos aromáticos.

Fenilalanina	(Neutro).
Tirosina	(Neutro).
Diyodotirosina	(Neutro).
Tiroxina	(F.Acida)

## III. Aminoácidos heterocíclicos.

Histidina	(Neutro)
Prolina	(F.Básica)
Hidroxiprolina	(F.Básica)
Triptófano	(Neutro)

## Aminoácidos esenciales y no esenciales

La experiencia ha demostrado que algunos aminoácidos no pueden ser elaborados por síntesis en el organismo o que se sintetizan a un ritmo por debajo de las necesidades; éstos son aminoácidos esenciales, los cuales deben ser aportados por el alimento y garantizar así la disponibilidad de los mismos por el organismo.

Hay también aminoácidos no esenciales, porque el organismo los sintetiza y no es indispensable su presencia en los alimentos.

Se han determinado como aminoácidos esenciales o limitantes entre 10 y 12:

Lisina  
 Metilalanina + Cistina  
 Triptófano  
 Arginina  
 Histidina  
 Isoleucina  
 Leucina  
 Fenilalanina + Tirosina  
 Treonina  
 Valina

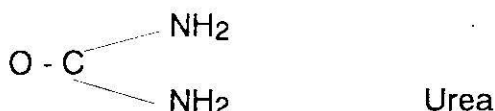
Algunos de estos aminoácidos esenciales se diferencian del resto llamándolos aminoácidos esenciales críticos, porque son los que generalmente están deficientes en los alimentos tradicionalmente disponibles para los animales. Estos son: Lisina, Metionina + Cistina, Triptófano y últimamente se han agregado también, la Arginina y Treonina.

### Compuestos nitrogenados no protéicos (NNP)

Entre otras sustancias no proteicas hállanse en los alimentos amidas, aminoácidos libres, grasas y glucósidos nitrogenados, alcaloides y sales de amonio. De ellas sólo las amidas y los aminoácidos están en cantidades de cierta consideración y se hallan presentes en grandes cantidades en algunos alimentos de uso normal. Son especialmente abundantes cuando el crecimiento es rápido y llegan a constituir hasta 1/3 del nitrógeno total en los pastos y forrajes verdes cultivados. Cuando la semilla comienza a desarrollarse, es rica en NNP, pero la proporción es baja en la madurez. Una gran parte del nitrógeno de los vegetales ensilados está en esa forma debido, en parte, a la falta de madurez, y también a causa de procesos de fermentación. Ciertas raíces contienen considerable proporción de nitrógeno en combinaciones no protéicas. Los subproductos, son relativamente bajos en NNP.

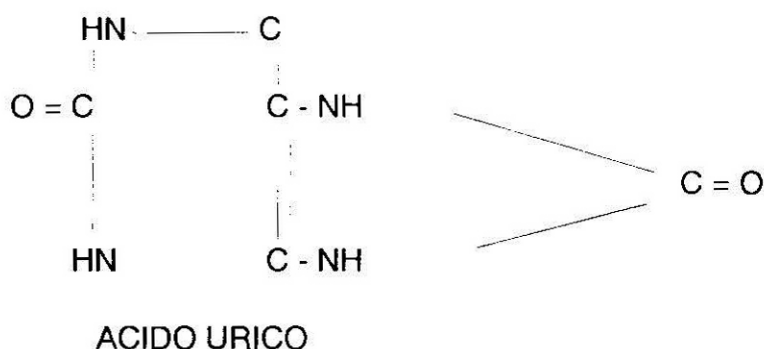
Además de los NNP que se encuentran en los alimentos, hay otros que tienen importancia en la Nutrición, ya como compuestos esenciales y activos de varios tejidos y secreciones. Algunos de ellos se producen industrialmente para alimentar el ganado.

- Como ejemplos de NNP tenemos el ácido aspártico y la glutamina muy frecuentes en vegetales jóvenes. La urea, es el producto final más importante del metabolismo del nitrógeno de los mamíferos y muchos peces.



Hay variedad de ácidos nucleínicos en las nucleoproteínas. Las moléculas de los ácidos nucleínicos contienen ácido fosfórico, pentosas y bases derivadas de la pirimidina y la purina. estas bases contienen nitrógeno.

El ácido úrico es el producto residual más importante de las purinas en el hombre, y del catabolismo de las proteínas en las aves y reptiles.



### Contenido de Proteínas en diferentes tipos de alimentos

Los alimentos de origen vegetal son relativamente pobres en proteínas, con algunas excepciones. Los cereales pueden llegar a tener hasta un 10%, las semillas oleaginosas (soya, algodón, colza, maní, ajonjolí, girasol, etc.), después de extraído el aceite constituyen un concentrado proteico de elevado valor en este tipo de nutrientes. Los alimentos más ricos en proteínas y generalmente de mejor calidad son los concentrados proteicos de origen animal.

#### COMPOSICION CENTESIMAL DE PROTEINAS EN ALGUNOS PRODUCTOS VEGETALES Y ANIMALES

PRODUCTO	P.B, %
RAICES Y TUBERCULOS	1,0
PASTO DE GRAMINEAS TIERNO	3,2
GRANO DE CEREALES	11,0
MANI	26,8
SANGRE	16,4
MUSCULO	21,4
LECHE DE VACA	3,3
HARINA DE PESCADO	60,0

### **4.3. Digestión y Absorción de la proteínas**

#### **4.3.1. En los monogástricos**

##### **La digestión en el estómago**

Tras la deglución, el bolo alimenticio llega al estómago y es sometido a la digestión gástrica, en la que juega un papel decisivo la secreción del jugo gástrico. Este tiene como componentes orgánicos la pepsina, gastricsina y quimosina del abomaso. La pepsina es el más importante de los enzimas elaborados por la mucosa gástrica, iniciando la hidrólisis de las proteínas. La pepsina procede de las células principales de las glándulas fúndicas, de las que es segregada en forma de pepsinógeno (inactivo). Bajo la acción del ácido clorhídrico (HCL) se activa el pepsinógeno dando lugar a la pepsina activa. Posteriormente puede continuar la activación del pepsinógeno por acción autocatalítica de la pepsina.

Mediante la pepsina son degradados a péptidos todos los componentes proteicos de la dieta. Se rompen preferentemente aquellos enlaces peptídicos cuyo grupo amino proceden de la tirosina o la fenilalanina.

Las condiciones óptimas de actividad de la pepsina se sitúa a un nivel notablemente ácido, que oscila entre pH 1 y 2.

En los componentes inorgánicos del jugo gástrico, el HCL representa la porción inorgánica más importante. El HCL se forma en las células parietales de las glándulas fúndicas. El HCL presente en el jugo gástrico se halla o bien en forma de HCL libre o bien en forma compleja ligado a las proteínas, a la saliva y al mucus. La suma del HCL libre y combinado, da lugar junto con las sales ácidas y los restantes ácidos orgánicos e inorgánicos presentes, a la acidez total del contenido gástrico.

Las misiones del HCL en el estómago consisten en la activación del pepsinógeno y en la inhibición de las proteínas (colágeno, etc). Simultáneamente ejerce una potente acción antiséptica sobre el contenido gástrico.

La pepsina actúa sobre la leche, semejándose en este acto a la renina del jugo gástrico del ternero.

##### **La digestión en el intestino delgado**

En términos generales, el intestino es la parte del tracto gastrointestinal más importante para la digestión, y en la cual se degradan la mayoría de los alimentos. También tiene lugar en el intestino la formación de heces; junto con los residuos alimenticios no utilizables y no digeridos, por la

mucosa o las glándulas del intestino, por lo que éste tiene las características de un verdadero órgano excretor.

La pared intestinal constituye un importante órgano del metabolismo intermediario, cuya trascendencia queda demostrada por el variado surtido de enzimas que dispone y por el gran número de síntesis que en ella se verifican. La mucosa entérica presenta una actividad metabólica intensa, a la que se deben numerosas transformaciones y alteraciones realizadas en los productos digeridos y en vías de absorción. También existen diversas hormonas que intervienen en el desarrollo de los procesos digestivos.

En la secreción pancreática existen 3 enzimas con actividad proteolítica; el tripsinógeno, el quimotripsinógeno y una carboxipeptidasa.

La tripsina, así como la quimotripsina, son generadas por las células secretoras pancreáticas en forma de precursores inactivos. El jugo pancreático al ser vertido al intestino, y merced a la acción del enzima enteroquinasa elaborado por la mucosa duodenal, sufre la activación de uno de los precursores inactivos que contiene, el tripsinógeno, que es activado a tripsina. La tripsina formada de esta manera actúa por vía autocatalítica, produciendo la activación del tripsinógeno restante. Por efecto de la tripsina se genera finalmente quimotripsina activa a partir del quimotripsinógeno inactivo. Las correlaciones de dependencia entre la activación del tripsinógeno, quimotripsinógeno y procarboxipeptidasa se da en la siguiente figura.

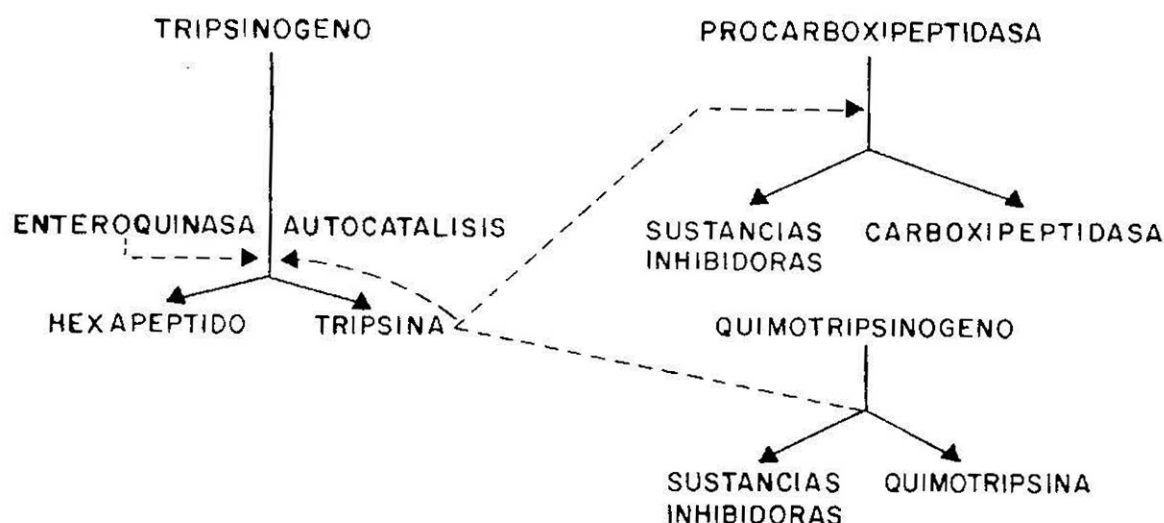


Figura 5  
Activación del tripsinógeno quimotripsinógeno y procarboxipeptidasa

La tripsina y quimotripsina manifiestan una actividad óptima en medio alcalino débil (pH 7-9). Mediante ambas enzimas progresa la degradación de proteínas que había sido iniciada en el estómago por la pepsina. La quimotripsina escinde aquellos enlaces peptídicos cuyos grupos carboxilos pertenezcan a la tirosina o fenilalanina, en tanto que la tripsina rompe los enlaces peptídicos que posean un grupo carboxilo perteneciente a la lisina o a la arginina. La quimotripsina posee una potente actividad favorecedora de la coagulación de la leche.

La actividad de la carboxipeptidasa consiste en separar de los polipéptidos aquellos aminoácidos que tengan un grupo carboxilo terminal libre. La procarboxipeptidasa es activada a carboxipeptidasa por la tripsina en el intestino.

El desdoblamiento de los polipéptidos en el intestino se realiza en parte en situación intraluminal por los enzimas pancreáticos (tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa), así como mediante digestión membranosa y degradación intracelular con ayuda de las enzimas aminopeptidasas y dipeptidasas de la mucosa intestinal.

Las enzimas proteolíticas pancreáticas dan como productos finales de la hidrólisis, péptidos y aminoácidos libres. El ulterior desdoblamiento de los péptidos y oligopéptidos se verifica mediante digestión membranosa o estrictamente intracelular. Alrededor de 1/3 de los dipeptidos puede atravesar las membranas celulares. En la región marginal pilosa de las células epiteliales existen especialmente dipeptidasas y aminopeptidasas que garantizan la ruptura de los enlaces peptídicos mediante contacto del sustrato con la mucosa.

#### **4.3.2 En los rumiantes**

Los procesos en el estómago verdadero (abomaso) de los rumiantes. La función del abomaso corresponde a la del estómago de los animales monogástricos. El jugo gástrico tiene la misma composición cualitativa que el de los restantes animales, pero desde el punto de vista cuantitativo, la actividad digestiva proteolítica y la concentración de HCL son menores en el jugo gástrico de los rumiantes. En la vaca se producen diariamente hasta 100 litros de jugo gástricos y en la oveja unos 5-6 litros.

Animales lactantes. Las glándulas del abomaso segregan en los rumiantes muy jóvenes quimosina, pepsinógeno y ácido clorhídrico (HCL).

La quimosina y pepsinógeno se activan en medio ácido. La quimosina hace coagular la leche en medio neutro. La acción óptima proteolítica del fermento lab está en un pH 3,3 y la de la pepsina en pH 2,0. La actividad proteolítica ya es alta al nacimiento, aumentando hasta el 8 día de vida y disminuyendo después. En el abomaso del ternero actúa también la



estearasa (lipasa) formada en la cavidad bucal, que hidroliza grasas en el estómago formadas por ácidos grasos de cadena corta.

La leche tomada por rumiantes jóvenes llega con la saliva, a través del canal esofágico (gotera), directamente al abomaso. Aquí coagula la caseína, que constituye en los rumiantes el 80% del N total, por la acción del fermento lab. De esta manera se separa el suero que contiene la lactosa y las proteínas solubles y pasa rápidamente al intestino delgado. Cuando actúa el fermento lab se origina un coágulo relativamente consistente. El coágulo formado llena, tras la ingestión de leche, la mayor parte de la cavidad abomasal. Luego es degradado en el curso de 12-18 horas, ingresando, en el caso del ternero de 150 a 250 ml. , por hora en el duodeno. Al volver a tomar leche, pueden incluirse en el nuevo coágulo restos del anterior.

Curso de la digestión en los rumiantes jóvenes. El curso digestivo peculiar de los rumiantes sólo se instaura al cabo de las primeras semanas o meses de vida. La degradación de los nutrientes tiene lugar, por consiguiente, en el ternero, cabrito y cordero sometido a dietas exclusivamente lácteas, en primer lugar en el abomaso e intestino delgado. A medida que aumenta la edad y el consumo de piensos sólidos, se va prolongando cada vez más la participación de los preestómagos en el proceso de la digestión.

Respecto a la degradación de la proteína en el intestino delgado del ternero, conviene señalar que inmediatamente después del nacimiento se segregan sólo escasas cantidades de tripsinógeno y quimotripsinógeno en comparación con la actividad de las enzimas proteolíticas del abomaso. En el 8 día de vida se registra ya una actividad enzimática muy superior a la correspondiente al primer día de existencia en lo referente a la secreción pancreática. La edad del animal y la composición de la dieta influyen sobre la tasa de proteínasas pancreáticas. La digestibilidad de la proteína láctea ya es muy alta en los primeros días de vida. Las proteínas vegetales y las contenidas en la harina de pescado se digieren en cambio bastante peor y, cuando se utilizan para preparar sustitutos de la leche, provocan con frecuencia disminución en la ganancia de peso vivo y la aparición de diarrea. A medida que aumenta la edad, mejora la facultad de digerir sustancias proteicas de origen vegetal.

### **Suministro de compuestos NNP**

En el alimento corriente se ingieren cantidades considerables de compuestos NNP, estos se transforman en el rumen con gran rapidez en  $\text{NH}_3$  (amoníaco).

En condiciones fisiológicas normales ingresa constantemente N, uréico en el rumen por reciclaje de la urea. La urea ingerida con el alimento es

desdoblada por la acción de las bacterias del rumen en  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$ , de forma semejante a lo que sucede con la urea de origen endógeno. Para la utilización y absorción del  $\text{NH}_3$  es indiferente cual sea su origen. De aquí que los compuestos NNP puedan en los rumiantes sustituir a las proteínas como fuente de nitrógeno.

Esta posibilidad se ha aprovechado de manera creciente suministrando compuestos NNP fabricados a escala industrial para ahorrar fuentes propiamente proteicas. Entre todos los compuestos NNP la urea ha alcanzado el máximo empleo en la alimentación animal.

Una vez que llega al rumen, la urea es desdoblada en  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_3$  por la ureasa de determinadas bacterias del rumen. La ureasa, enzima de gran actividad, se halla ligada a las células y su pH óptimo de actuación se encuentra entre 7 y 9. Se ha demostrado que 100 g. de contenido ruminal desdoblan unos 100 g. de urea/hora. De aquí se deduce que tras la ingestión de raciones con urea se origina un aumento súbito y elevado de la concentración de  $\text{NH}_3$  en el rumen, cuando los animales toman este alimento sin estar acostumbrados a él, sin la correspondiente adición de carbohidratos fácilmente digestibles.

La urea y otros compuestos pueden suministrarse a los rumiantes adicionándolos a los piensos, ensilado de maíz, melazas, etc. La administración directa de urea no es procedente, debido al peligro que implica la dosificación excesiva.

En lo que se refiere a la cantidad de urea suministrada, generalmente se recomienda una sustitución del 25-33% de N, total necesario, o bien una fracción que puede ir del 1 al 3% de la ración. No debe exceder en la práctica un valor de unos 120 gr. , de urea por día.

Para el aprovechamiento eficaz del nitrógeno de la urea y de la prevención de las intoxicaciones, hay que observar las siguientes precauciones:

1. Los animales deben adaptarse a la ingestión prevista aumentando la dosis diaria de urea a lo largo de 10-15 días.
2. La ración contendrá cuantías adecuadas de carbohidratos de fácil digestión.
3. No se suministrará pienso conteniendo urea después de prolongados períodos de hambre.
4. Se excluirán los animales enfermos y los transitoriamente debilitados.

La disponibilidad de aprovechar los compuestos NNP en el rumen para la síntesis de aminoácidos es la ventaja decisiva que ofrece dicho estómago en relación con el metabolismo de los compuestos nitrogenados. Las fuentes proteicas pueden, en virtud de lo expuesto, destinarse en mayor proporción a la alimentación de cerdos y aves.

## **Valor nutritivo de la proteína microbiana**

La digestibilidad de la proteína bacteriana es relativamente baja. Según los resultados de una experiencia de alimentación en la que se suministró a las ratas bacterias del rumen desecadas, la digestibilidad era de 74% mientras que para los protozoos la digestibilidad fue de 90%. En este caso debe considerarse que durante la desecación las células bacterianas experimentan con facilidad un proceso de hidrólisis, mientras que las bacterias vivas intactas no muestran una digestibilidad tan elevada. La causa de la relativamente baja digestibilidad de las proteínas bacterianas estriba en que ésta se halla protegida por paredes celulares de difícil digestión.

El valor biológico de los preparados desecados de bacterias y protozoos del rumen es para la rata del 80-81%, es decir, una cifra bastante alta. La composición en aminoácidos de la proteína microbiana no muestra grandes diferencias con respecto a la ración consumida, aún cuando puedan diferir ostensiblemente en el nivel de proteína y el aprovechamiento de ésta. El espectro de los aminoácidos presentes en los microorganismos se parece al de la proteína vegetal. Una excepción entre los aminoácidos esenciales la constituyen la lisina, que se halla en los protozoos en superior proporción que en las proteínas foliares, y en menor grado la leucina, isoleucina y fenilalanina. El valor biológico de la proteína vegetal no varía por consiguiente de forma radical al realizarse la transformación en proteína microbiana.

En resumen puede afirmarse que al ingerir raciones con proteínas de alto valor biológico, son relativamente escasas las ventajas de un mejor aprovechamiento, como consecuencia de las pérdidas de N por la orina, de la digestibilidad relativamente escasa de la proteína bacteriana y de la formación secundaria de ácidos nucleicos.

### **4.4 Metabolismo de las proteínas**

Una fracción importante de la proteína del alimento ingresa al organismo del animal gracias a los procesos de digestión y absorción. Los productos de la digestión absorbidos son empleados por el organismo animal para las diferentes funciones. Una fracción relativamente pequeña del N dietético puede aparecer en las heces, que al relacionarla con la cantidad de N ingerido sirve para determinar la digestibilidad de la proteína bruta.

**Nitrógeno fecal.** De los compuestos nitrogenados de las heces unos son sustancias no digeridas o no absorbidas y otros forman la fracción llamada nitrógeno metabólico o nitrógeno fecal metabólico. Esta fracción metabólica comprende sustancias que se originan en el cuerpo, como son los residuos digestivos por el roce del alimento, células epiteliales muertas y

residuos bacterianos. El N de los residuos bacterianos debe ser considerado, en parte, procedente del alimento.

La existencia de este N metabólico en las heces, a diferencia del N no digerido, se demuestra por el hecho de que las heces recogidas cuando se suministra una dieta libre de nitrógeno, siempre contienen compuestos nitrogenados. La razón de que deben distinguirse ambas fracciones consiste en que tienen diferentes orígenes y que esa distinción es útil en la determinación del valor biológico de las proteínas en la Nutrición.

### **Destino de los aminoácidos absorbidos**

Los productos de la digestión entran en la circulación sanguínea principalmente, en forma de aminoácidos. También son absorbidas pequeñas cantidades de péptidos sencillos y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). La absorción de los aminoácidos causan transitorio aumento de su concentración en la sangre. Pronto son extraídos de ella por los tejidos, donde son retenidos por algún tiempo en combinaciones muy flojas o en estado libre. Después son empleados en los siguientes procesos:

1. Síntesis de las proteínas de los tejidos y otros componentes hísticos que no contienen nitrógeno. En esta síntesis se cuentan la formación de la proteína y otros compuestos nitrogenados de las secreciones, notablemente de la leche, y la reparación del desgaste que sufren los tejidos. Este proceso se conoce como anabolismo.
2. Desanimación. Los residuos nitrogenados sirven como fuente de energía o son convertidos en glucógeno, y quizá en grasa, reserva para las futuras necesidades de energía.

### **Catabolismo de la proteínas**

En el desgaste de los tejidos, las moléculas de proteínas son hidrolizadas en sus componentes aminoácidos mediante un proceso análogo al de la digestión. Estos aminoácidos sufren luego la desaminación, probablemente de igual modo que ocurre con algunos de los aminoácidos absorbidos. El amoníaco es convertido en urea, principalmente en el hígado para ser excretada en la orina. Los residuos no nitrogenados se consumen en la producción de energía y se convierten en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , que son eliminados. Además de la urea, la orina contiene varios productos nitrogenados catabólicos, como el ácido úrico, las sales de amonio, la creatinina, el ácido hipúrico y otros.

### **Catabolismo endógeno y exógeno**

Hay dos formas de catabolismo, esencialmente independientes y muy distintas: una variable, a la que se llama exógena, caracterizada por la

excreción de urea y sales amoníacas, y otra que tiende a ser constante, que se denomina endógena y corresponde a la excreción de creatinina, ácido úrico, etc. El catabolismo endógeno consiste en procesos característicos de las células vivas, como se manifiesta por la excreción urinaria de nitrógeno en una dieta exenta de este elemento, y que en los demás nutrientes es adecuada. Refleja procesos metabólicos que son esenciales para la vida, y los productos residuales excretados tienden a ser constantes, sin que resulten influidos por la naturaleza o cantidad de las proteínas del alimento. El nitrógeno endógeno excretado representa la pérdida que debe recuperarse por medio del suministro de proteínas a fin de mantener la integridad de los tejidos del cuerpo que contienen nitrógeno.

El catabolismo exógeno representa la desintegración de los compuestos nitrogenados de la dieta absorbidos, no sintetizados en proteínas del cuerpo. Naturalmente, puede variar según la cantidad de proteínas ingeridas, la necesidad del organismo en proteínas para otros fines diferentes a la del mantenimiento, y el valor biológico del nitrógeno absorbido para cubrir esa demanda.

El esquema anterior representa que la proteína dietética que ingresa al rumen sufre una transformación extensa, dando cantidades considerables de  $\text{NH}_3$ . Este es utilizado por los microorganismos para la síntesis de proteína. Al mismo tiempo una fracción de la proteína dietética pasa intacta al abomaso donde llegará también la proteína microbiana. Ambas son degradadas del mismo modo que ya señalamos para animales monogástricos.

También el NNP que llega en la dieta contribuye a la formación de  $\text{NH}_3$ , el cual se absorbe y por vía porta va al hígado para ser convertido en UREA. Una fracción de la urea es excretada por la orina, pero una fracción muy importante de la urea formada en el hígado retorna al rumen por retrodifusión y por la saliva.

# V. MINERALES

## V. MINERALES

Aunque los minerales constituyen solamente un 4-6% del cuerpo de los animales vertebrados son muy importantes ya que desempeñan diversas funciones vitales en el organismo.

Los desbalances de minerales en suelos o forrajes han sido considerados responsables de la baja producción y problemas reproductivos de rumiantes en el trópico. A pesar de que se han encontrado 25 minerales en el organismo animal se considera que 15 son esenciales, los cuales se clasifican de acuerdo a su concentración en el organismo en Macrominerales (Ca, P, mg, K, Na, Cl, S) y microminerales (Fe, Cu, Zn, Mn, I, Mo, Co, Se). El fluor (F), plomo (pb), Arsénico (AS) y mercurio (Hg) en adición pueden ser elementos tóxicos para rumiantes (McDowell, L.R., *et al*, 1984).

McDowell, *et al*. (1979) mencionan que en áreas latinoamericanas y del mundo, numerosas deficiencias, desbalances y toxicidades minerales limitan seriamente la industria ganadera ya que con excepción de la sal común, el ganado en pastoreo frecuentemente no recibe la suplementación mineral necesaria y depende de los forrajes. Por otra parte, es aceptado también que el ganado en pastoreo obtiene aportes de minerales en primer lugar de los forrajes, sin embargo, otras dos fuentes importantes de minerales son el suelo y el agua.

### 5.1. Principales funciones de los minerales

Los minerales poseen tres funciones principales: biocatalizadores, como elementos plásticos y como iones.

**Biocatalizadores:** Esta función la realizan prácticamente todos los minerales, actúan catalizando reacciones bioquímicas, acompañando a las enzimas a las cuales activan por tanto actúan en todo el metabolismo, se destacan: Mg, Cu, Zn, etc.



**Elementos plásticos:** Funcionan fundamentalmente el calcio, fósforo, en forma de carbonatos responsables de la dureza de huesos y tejidos duros, en menor proporción intervienen fluor y el magnesio.

**Como lones:** Participan principalmente los macroelementos en los procesos de equilibrio iónico o electrolítico, así como en los fenómenos de osmolaridad, fundamentalmente el cloro, el sodio y el potasio.

Además de estas funciones, los minerales intervienen en la respiración celular (en este caso el hierro: forma parte de la hemoglobina y de los sistemas enzimáticos respiratorios), en procesos de oxi-reducción, conducción nerviosa, crecimiento, metabolismo celular, bioestabilizadores del sistema Coloidal, detoxificación hepática, formación de sustancias específicas, etc.

## 5.2. Clasificación

Los minerales se dividen en dos grupos: macrominerales y microminerales.

Los macrominerales son: calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, magnesio y azufre.

Los microminerales son: yodo, cobalto, hierro, cobre, cinc, manganeso, selenio, cromo, flúor, molibdeno y silicio.

### 5.2.1. Macroelementos

#### Calcio y Fósforo

##### Metabolismo

Estos elementos componen más del 70% del total de minerales del cuerpo. El 99% del calcio y 80% del fósforo. se encuentra en huesos y dientes. El 1% del calcio está distribuido en los tejidos y plasma sanguíneo. El 20% del fósforo se encuentra en los tejidos suaves, en los glóbulos rojos y en el tejido nervioso y muscular. Estos elementos absorbidos pasan a la sangre mediando en el intercambio con varios órganos, los huesos son un depósito dinámico y el organismo hace uso de los minerales (Ca, P) cuando él lo necesita. La concentración de calcio y fósforo es mantenida en niveles constantes por tres hormonas: paratiroides (PTH), Calcitonina y el metabolito activo de la vitamina D<sub>3</sub>.

**Mecanismo Feedback:** Cuando la concentración de calcio disminuye en la sangre y la hormona paratiroides moviliza calcio desde los huesos para una mayor absorción desde el intestino y reabsorción a nivel de tubulos renales. El metabolismo del fósforo es regulado de la misma manera.



## Requerimientos

La relación dietética Ca:P entre 1:1 y 2:1 es la ideal para el crecimiento y formación ósea, ya que esta es la proporción de éstos dos en los huesos. Los rumiantes pueden tolerar. Una proporción más alta, cuando el nivel de vitamina D es alto. La National Research Council (NRC), 1976 indica 0.18-1.04% de calcio (% de la dieta en M. S) y 0.18-0.70% de fósforo son adecuados para crecimiento y engorde de novillos y 0.43-0.6% de calcio y 0.31-0.40% de fósforo para vacas lecheras lactando.

## Deficiencias

Los signos que se presentan no son fácilmente distinguibles de otras deficiencias y son: Raquitismo, osteomalacia (retraso en el crecimiento), patas arqueadas, huesos blandos; aves pico blando y cáscara frágil, fiebre de la leche- espasmos musculares, descenso en la producción láctea, pérdida de los sentidos, parálisis (Hipocalcemia) y hasta la muerte. "Cabeza grande" en caballos y hocicos torcidos en cerdos con dietas con exceso de P. Bajo extremas deficiencias de p el ganado pasa sin producir un ternero y no entra en estro.

## Control

Las deficiencias de calcio y fósforo son prevenidas suministrando en la dieta, suelo o agua, uso de fertilizantes fosforados, suministrando fosfato dicálcico o superfosfatos directamente en los comederos donde el animal puede lamer. La selección de la suplementación depende de las condiciones.

## Magnesio

### Metabolismo

Su metabolismo es complejo y variado, la absorción se lleva a cabo en el ileon (monogástricos al igual que el calcio en el intestino delgado) en los poligástricos se absorbe a nivel de los cuatro compartimentos. El magnesio es vital en el metabolismo de carbohidratos y lípidos como catalizador de enzimas. El magnesio se excreta por las heces fecales (59-80%) y la orina. El magnesio que se absorbe en exceso se excreta por el riñón, esta depende de la velocidad de absorción. Las condiciones en el pH ruminal (pH alto) afectan la absorción del Mg. niveles altos de calcio y fósforo reducen la absorción de Mg, se absorbe del 55 al 60% que se ingiere.

## Requerimientos

Los requerimientos varían con la especie y raza de los animales, su edad y proporción de crecimiento o producción y con la disponibilidad biológica en la dieta. El requerimiento de magnesio está influenciado por varios factores, incluyendo el contenido de proteína y el estatus de Mg. del animal, las necesidades mínimas pueden ser obtenidas de pasto con un 0. 10% de Mg. Una proporción más alta 0. 18 - 0. 20% es considerado para vacas lactantes (NRC, 1984).

## Deficiencias

La deficiencia de magnesio tiene como efecto el síndrome de tetania de los pastos (hipomagnesemia) que ataca rumiantes, es repentina y sin recuperación. Se aprecia un descenso del nivel en la sangre hasta 0,5 mg/100 ml acentuado nerviosismo, temblores, paso vacilante, alteración en el apetito y respiración, disminución en la producción de leche.

## Control

En vacas adultas 1-2,0 mg/100 ml corrigen la deficiencia, fertilizante de Mg, MgO puede aumentar su concentración en pastos, aplicar 17 Kg/ha a intervalos de 10 días (Rogers, 1979), 50-60 gr. de MgO/día es el mínimo para asegurar una dosis profiláctica, 7-17 g/día para terneros. Inyecciones subcutáneas de una dosis de 400 ml de una solución de 25% de sulfato de magnesio. (McDowell, 1984).

## Sodio, potasio y cloro

### Metabolismo

El cloro y el potasio se absorben a nivel del intestino delgado, principalmente el yeyuno, por vía sanguínea llegan al hígado y de este pasa a todo el organismo. El sodio se absorbe en el intestino delgado, intestino grueso y el rumen-retículo. Estos minerales se excretan por el riñón, eliminándose por la orina existe un balance iónico entre el K, Na, Ca y Mg. El potasio es requerido para el balance osmótico, equilibrio ácido-base y balance del agua. El nivel plasmático de sodio tiende a controlarse por acción de la hormona aldosterona de la corteza suprarrenal.

Generalmente existe un antagonismo entre la eliminación y la reabsorción del potasio y el sodio. Lo normal es que se excrete el potasio, ya que es abundante, y que se reabsorba el sodio.

## Requerimientos

El requerimiento de K es mayor para rumiantes que para no rumiantes, se estima que el requerimiento esta entre 0.5-0,8 %, pero parece ser mayor para el ganado bajo stress, el requerimiento recomendado para rumiantes en sal está entre 0,04-0,18%.

## Deficiencias

La deficiencia de K es difícil de evaluar, análisis de bajos niveles en el suero tienen algún valor, la deficiencia se manifiesta en la baja de crecimiento y producción, el exceso de cloro puede causar acidosis y el exceso de sodio alcalosis. El primer síntoma de deficiencia de Na y Cl es el ansia por la sal, demostrado por un lamer madera, tierra, sudor. Una prolongada deficiencia produce pérdida del apetito, reducción del crecimiento, mala apariencia, baja producción y peso.

## Control

Dependiendo de los niveles de K en los pastos podría usarse cloruro de potasio, carbonatos, bicarbonatos. Sobre todo cuando se reemplaza la proteína de origen vegetal. En cuanto a la sal el problema se supera usando sal común ad libitum.

Toxicidad - NaCl - más de 7,000 ppm. de sal disuelta

K - máximo nivel es 3% (NRC, 1980).

## Azufre

### Metabolismo

Es un elemento importante en la síntesis de proteína debido a su contenido en dos a. a. metionina y cistina. Forma parte de vitaminas (Tiamina y biotina) y también parte de los sulfato-polisacáridos. Funciones en el metabolismo de grasas, proteínas y carbohidratos. Coagulación de la sangre, funciones endocrinas y equilibrio ácido-base en el fluido intra y extracelular.

### Requerimiento

El requerimiento de azufre no está bien definido 0,1-0,32% para rumiantes (NRC, 1984) los requerimientos se pueden aproximar si consideramos la proporción N:S en el tejido que es de 15:1 y 10:1 para ovejas (McDowell, L. R.; *et al.* 1984).

## **Deficiencia**

La deficiencia de azufre trae pérdida de peso, debilidad, lacrimación. Es difícil diagnosticar una deficiencia. El nivel de sulfato se ha sugerido como indicador para su detección.

## **Control**

La suplementación de azufre se da cuando hay deficiencia de éste en el suelo o cuando se da urea (NNP), debido a que la urea no contiene S. los rumiantes lo pueden obtener de la metionina.

## **Toxicidad**

El máximo nivel tolerado es 0,40% (NRC, 1980) en materia seca de la ración.

### **5.2.2 Microelementos**

**Hierro (Fe).** Es uno de los microminerales más importantes.

## **Funciones**

Une a proteínas (Hemoglobina-glóbulos rojos). Es un componente de enzimas y se acumula en la médula ósea, hígado, bazo, riñones.

## **Carencia**

Produce anemia, despigmentación.

**Cobre (Cu).** Se necesita en pequeñas cantidades, tiene efecto acumulativo.

## **Funciones**

Activa el hierro en formación de hemoglobina, formando enzimas, necesario para la pigmentación de plumas. En exceso es tóxico, se acumula en el hígado.

## **Carencia**

Disminuye absorción del hierro (reduce período de vida de glóbulos rojos provocando anemia), retraso de crecimiento y desarrollo, enfermedades gastrointestinales, despigmentación, disminución de funciones reproductivas.

**Cobalto (Co).** Es un constituyente de la vitamina B<sub>12</sub> (cianocobalamina).

## Funciones

Interviene en la síntesis de vit. B<sub>12</sub> en el intestino, influye en la asimilación del N, eleva el aprovechamiento del hierro. Se considera tóxico.

## Deficiencia

Produce anemia, retrasa el crecimiento y retrasa la ayuda al metabolismo.

**Yodo (I).** Se encuentra distribuido en todo el organismo, encontrándose en mayor proporción en la glándula tiroides.

## Función

Forma parte de la hormona tiroxina (Tiroides) influye en el crecimiento, glándulas hipófisis y sexuales, metabolismo, producción de huevo. Se suministra en forma de sal yodada=25gr. yoduro de sodio por ton. de sal común.

## Deficiencia

Su deficiencia causa un descontrol hormonal (Tiroides=produce bocio), afecta el metabolismo de carbohidratos, proteínas, calcio, fósforo, afecta la producción, aumento de peso, produce un crecimiento anormal de plumas, cáscaras no resistentes y disminución de incubabilidad de los huevos.

**Manganeso (Mn).** Se necesita en pequeñas proporciones, sobre todo en huesos.

## Funciones

Composición de huesos, participa en procesos metabólicos, activa circulación sanguínea, función órganos sexuales, interviene en funciones fisiológicas de crecimiento, desarrollo y producción.

## Carencia

Detiene la madurez sexual, produce "perosis"- incurvación de patas, deslizamiento talón de Aquiles (2-4 semanas común 30 días en razas pesadas).

**Zinc (Zn).** Se encuentra en tejidos, huesos y piel.

## Funciones

Constituye parte del tejido óseo donde se almacena, forma parte también de enzimas, se considera tóxico en exceso.

### **Carencia**

Detiene crecimiento, mal formación de huesos y plumas, lesiones en piel.

**Molibdeno (Mo).** Considerado tóxico, es necesario en pequeñas cantidades.

### **Funciones**

Estimula el crecimiento, forma parte de enzimas puede afectar crecimiento.

**Selenio (Se).** Es considerado tóxico, necesario en pequeñas cantidades.

### **Funciones**

Previene diátesis exudativa, mejora metabolismo de tocoferoles (Vit. E) especialmente previene la Distrofia muscular.

### **Carencia**

Produce la distrofia muscular, diátesis exudativa, encefalomalacia (locura de pollos).

**Fluor (F).** Es considerado tóxico por acumulación, necesario en dosis pequeñísimas.

### **Funciones**

Forma parte en pequeñas proporciones en huesos, tiene un papel importante en el metabolismo, puede provocar deformación de huesos.

## DESGLOSE Y CONCENTRACION DE MINERALES EN 2615 FORRAJES LATINOAMERICANOS (BASE SECA) a/

ELEMENTO	PORCENTAJE DE FORRAJES ANALIZADOS b/	NUMERO DE FORRAJES ANALIZADOS	REQUERIMIENTO c/	Concentraciones, % % del total	0-0.30 31.1	más de 0.30 68.9
Calcio	42.9	1123	0.18-0.60%			
Cobalto	5.4	140	0.05-0.10 ppm	Concentraciones, ppm % del total	0-0.10 43.1	más de 0.10 56.9
Cobre	9.0	236	4-10 ppm	Concentraciones, ppm % del total	0-0.10 46.6	más de 10 53.4
Hierro	9.8	256	10-100 ppm	Concentraciones, ppm % del total	0-100 24.1	más de 100 75.9
Magnesio	11.1	290	0.04-0.18 ppm	Concentraciones, % % del total	0-0.20 35.2	más de 0.20 64.8
Manganeso	11.2	293	20-40 ppm	Concentraciones, ppm % del total	0-0.40 21.0	más de 0.40 79.0
Molibdeno	5.1	133	0.01 ppm o menos	Concentraciones, ppm % del total	0-3 86.4	más de 3.0 13.6
Fósforo	43.2	1129	0.18-0.43%	Concentraciones, % % del total	0-0.30 72.8	más de 0.30 27.2
Potasio	7.6	198	0.60-0.80%	Concentraciones, % % del total	0-0.80 15.1	más de 0.80 84.9
Sodio	5.6	146	0.10%	Concentraciones, % % del total	0-0.10 59.5	más de 0.10 40.5
Zinc	6.9	177	10-50 ppm	Concentraciones, ppm % del total	0-50 74.6	más de 50 22.4

a/ Tabla de Composición de Alimentos de América Latina McDowell et al (1974); McDowell et al. (1977)

b/ Se determinaron las concentraciones de otros minerales sólo en menos de 1% de los 2615 forrajes analizados.

c/ Recomendaciones resumidas por McDowell et al (1977).

## **VI. VITAMINAS**



## VI. VITAMINAS

Las vitaminas, denominadas así por Funk, 1912, son sustancias orgánicas de estructuras complejas, están presentes en algún tipo de alimento en pequeñas cantidades, su carencia causa síntomas específicos o avitamínicos, participan como metabolitos en diferentes reacciones, en cantidades muy pequeñas regulan todos los procesos fisiológicos de los diferentes organismos.

### 6.1 Clasificación

Las vitaminas se clasifican en: Liposolubles e hidrosolubles.

<b>Vitaminas liposolubles</b>	<b>Nombre químico</b>
A	Retinol
D <sub>2</sub>	Ergocalciferol
D <sub>3</sub>	Colecalciferol
E	Tocoferol
K	Filoquinona
<b>Vitaminas hidrosolubles</b>	
<b>Complejo B</b>	
B <sub>1</sub>	Tiamina
B <sub>2</sub>	Riboflavina
B <sub>3</sub>	Acido pantotenico
B <sub>6</sub>	Piridoxina
B <sub>10</sub>	Folacina (ácido fólico)
B <sub>12</sub>	Cianocobalamina
PP	Niacina (ácido Nicotínico)
H	Biotina.
C	Acido ascórbico
Colina	

Hay algunos compuestos que después de sufrir cambios químicos actúan como vitaminas (caroteno y algunos esteroides) son llamados también provitaminas.

## **6.2. Funciones de las vitaminas**

Las vitaminas son compuestos orgánicos que no tienen relación química entre sí y son necesarias en pequeñas cantidades para el crecimiento, mantenimiento y metabolismo, actúan también en diferentes procesos fisiológicos en combinación con un tipo específico de proteína, en la estructura de los huesos, facilitando la absorción de calcio, en la deposición mineral de los huesos, en el funcionamiento de la glándula Tiroides, en el transporte de electrones, en la fosforilación oxidativa, en la síntesis por el hígado de la protombina, muchas vitaminas son componentes de Coenzimas.

## **6.3 Vitaminas Liposolubles**

Corresponden aquellas que son solubles en aceites, grasas y disolventes de estas, son consideradas por su estructura química como lípidos.

### **Vitamina A(Retinol) provitaminas**

Es un monoalcohol no saturado, se encuentra en los productos de origen animal, la mayor cantidad de ella se encuentra en forma de provitaminas en las plantas (Carotenos).

### **Funciones**

La vitamina A es de gran importancia en la visión de los animales al formar parte de la Purpura retiniana, es necesaria para el crecimiento, mantiene la integridad normal de la piel y las membranas mucosas, es importante en la lucha de las enfermedades infecciosas, está relacionada con la síntesis de los glucopéptidos, mediante el transporte de monosacáridos, previene la ataxia en los polluelos, en aves siempre hay que suplementarla.

Si las grasas de la dieta no se contienen estables y se enrancian, se destruyen los Carotenos y la vitamina A.

El nivel de proteína en la dieta afecta el uso de la vit. A. cuando se utiliza más proteína aumenta la producción, crecimiento y se utiliza más la vit. A. de reserva. La vitamina E protege a la vit. A y Carotenos de la oxidación (Boada, S. B. 1981).

### **Deficiencias**

En pollos: Afecta el crecimiento, afecciones oculares, inflamación de ojos, plumaje desordenado, ataxia (incoordinación de movimientos).

En gallinas: Afectaciones oculares y respiratorias, aumenta el intervalo de puesta, disminución de incubabilidad. Queratinización de los tejidos, crecimiento retardado, sensibilidad a infecciones, ceguera.

En vacas lecheras: placentas retenidas, partos prematuros, terneros débiles y muertos. En toros: disminuye la habilidad sexual. En casos de stress necesitan más vitamina A, en estados infecciosos aumentan las necesidades de vit. A.

### **Vitamina D (D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub>): D<sub>2</sub>-ergocalciferol D<sub>3</sub> - Colecalciferol**

En las plantas raramente las encontramos, sólo como provitaminas que se transforman por acción de los rayos ultravioleta del sol. (Acosta, S. F., 1988).

### **Funciones**

Están relacionadas con el metabolismo del calcio y el fósforo, importante para la formación de proteína transportadora del calcio, esta relacionada con la hormona paratiroidea, incide en la asimilación del nitrógeno y carbohidratos, sus necesidades se incrementan si no hay una relación correcta de Ca:P (1:1 - 2. 2:1). La vit. D se almacena principalmente en hígado, también en riñón, pulmón y otros órganos y tejidos.

### **Carencia**

En animales jóvenes presenta raquitismo, debilidad o fragilidad de huesos. En ganado vacuno joven: inflamación de rodillas y arqueado de lomo. En cerdos: aumenta el tamaño de las articulaciones y se vuelven rígidas. En animales adultos: osteomalacia que es descalcificación del hueso. En pollos: retraso del crecimiento debilidad en patas, se apoyan en tarsos, pico y uñas blandas, deformaciones óseas. En gallinas: osteomalacia, incremento en número de huevos con cáscaras finas, disminución de la incubabilidad.

### **Vitamina E**

Es un grupo de sustancias activas de las cuales se conocen siete y la más importante es el tocoferol (Acosta, S. F. 1988). El contenido en los alimentos de esta vitamina se expresa en U. I. una U. I. se define como la actividad de 1 mg. del acetato tocoferol sintético. Se encuentra en vegetales (trigo, arroz) preservan de la oxidación a los aceites evitando su enranciamiento.

## Funciones

La vitamina A es protegida por la acción de la vit. E ya que actúa como antioxidante, participa en el metabolismo de los ácidos nucleicos, proteínas y en el metabolismo mitocondrial. Se relaciona con el normal funcionamiento de los tejidos (Church, D. C. ; Pond, W. G. 1990). Es necesaria para el funcionamiento de los órganos sexuales, controla la síntesis de las prostaglandinas, interviene en la síntesis de ácido Ascórbico o vitamina C.

## Deficiencias

Los cerdos presentan debilidad muscular y lesiones hepáticas, en pollos: diátesis exudativa, distrofia muscular y encefalomalacia. En gallos: es necesaria para la fertilidad normal (degeneración testicular). Gallinas: para normal reproducción, reduce incubabilidad. (Acosta, S. F. 1988).

Se ha demostrado que el selenio, ácidos grasos poliinsaturados, aminoácidos azufrados, Fe(hierro), vit. A, vit. C, Colina y Zinc; afectan los requerimientos de vitamina E. (Church, D. C. ; Pond, W. G. 1990).



## Vitamina K

(Filoquinona) vitamina de la Coagulación, antihemorrágica y factor protrombina. (Ferrer, R. A.; *et al* 1985). De los compuestos más importantes son la vit. K<sub>1</sub> (Filogrunona) y K<sub>2</sub> (Menaquinona) las cuales son insolubles en agua y solubles en grasas. Abunda en vegetales verdes, poco en alimentos de origen animal, elaborada por ciertas bacterias. Generalmente es sintetizada en el intestino de los animales pero no suficientemente en aves ya que hay que suplementarlas (Acosta, S. F., 1988).

## Funciones

Esta implicada en la formación de coágulos sanguíneos, se necesita para la síntesis de protombina en el hígado. Interviene en la fosforilación oxidativa.

## Deficiencias:

Retarda el tiempo de coagulación sanguínea; pudiendo presentarse hemorragias internas. Los pollos presentan cuadros hemorrágicos en alas, patas, pechugas afectando la producción de carne de alta calidad.

No se conocen deficiencias en rumiantes (se sintetiza en rumen y tracto digestivo) y cerdos en condiciones normales.

## 6.4 Vitaminas Hidrosolubles

Son las vitaminas solubles en agua (H<sub>2</sub>O) y no están asociadas a las grasas en la alimentación, (con excepción de la vit. B<sub>12</sub>) no se almacenan

en los tejidos corporales en cantidades considerables, deben suministrarse a animales que no poseen una síntesis microbiana notable. En rumiantes estas vitaminas se obtienen a partir de la síntesis microbiana en el rumen, en cerdos, aves y otros animales de estómago simple es indispensable suministrar dichas vitaminas. (Church, D. C.; Pond, W. G., 1990) Son las vitaminas del Complejo B y vitamina C.

El complejo vitamínico B influye como estimulante del crecimiento en aves, influye en el funcionamiento del sistema nervioso, estimulan el consumo de alimentos y correcto funcionamiento de la piel, son necesarias para lograr alta incubabilidad, son importantes para el metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos. En la parte posterior del intestino grueso ocurre su síntesis y casi no ocurre su absorción por eso hay que suministrarla.

### **Vitamina B<sub>1</sub> (Tiamina)**

Está constituida por una molécula de pirimidina unida a una de tiazol.

#### **Funciones**

El difosfato de tiamina es una coenzima que interviene en la descarboxilación oxidativa del ácido pirúvico o acetil coenzima A, en la vía de fosfogluconato y en la síntesis del aminoácido valina, en las bacterias, levaduras y plantas (Boada, S. B., *et al.* 1981). El cerdo almacena una cantidad de tiamina en sus tejidos siendo por ello una fuente dietaria de tiamina (Church, D. C. ; Pond, W. G., 1990). Interviene en el metabolismo intermedio de los hidratos de carbono, formación de enzimas carboxilosos, síntesis de grasas a partir de carbohidratos (Boada, S. B., *et al.* 1981).

#### **Deficiencias**

El efecto inmediato por deficiencia de tiamina es una reducción del apetito (anorexia) en el hombre (Beriberi), adelgazamiento, debilidad muscular y trastornos progresivos del sistema nervioso (Boada, S. B., *et al.* 1981).

En pollitos se atrasa el crecimiento, enflaquecen, parálisis de patas, pérdidas de coordinación y convulsiones (Acosta, S. F. , 1988).

La parálisis de patas origina: patas extendidas y cabeza retraída hacia el dorso (mirar estrellas) opistótono. Las aves adultas no presentan carencias, aunque se puede observar debilidad, agotamiento y baja fertilidad.

### **Vitamina B<sub>2</sub> (Riboflavina)**

Conocida también como lactoflavina. La función biológica de la riboflavina está basada en su acción como coenzima de las enzimas flavoproteínas, las que están relacionadas con tres áreas del metabolismo oxidativo:

Deshidrogenación de aminoácidos y ácidos grasos, deshidrogenación ligada a la cadena respiratoria.

### **Funciones**

Interviene en el transporte de hidrógeno, es importante en el metabolismo de los carbohidratos, influye sobre las funciones de los sistemas nervioso y respiratorio.

### **Deficiencias**

Se disminuye la tasa de crecimiento de los animales, en aves la piel se vuelve áspera y seca. En rumiantes se sintetiza en el rumen al igual que la K y al igual que otras hidrosolubles. En cerdos se presentan hemorragias, en las glándulas suprarrenales, anorexia, vómito, nacimiento de crías débiles. En aves se produce tuerce de las patas (enfermedad dedos torcidos o dactilogrífosis) los pollos se apoyan en tarsos al caminar, diarrea, en gallinas se reduce la producción, los huevos no son incubables.

## **Acido pantotenico (B<sub>3</sub>)**

Es constituyente del coenzima A, fundamental en el metabolismo intermedio de los nutrientes, es esencial para la utilización de la energía de los alimentos. Existen tres fuentes de vitamina B<sub>3</sub>, ellas son: granos, leguminosas y subproductos lácteos (fuente natural); síntesis microbiana en rumiantes, conejos y monogástricos que tienen acceso a las heces y fuentes sintéticas.

### **Deficiencia**

La deficiencia en ácido pantotenico no da síntomas específicos y esta relacionada con otras vitaminas del complejo B. En caso de deficiencia se ven afectadas la piel, las mucosas y el sistema nervioso y reproductor. En broilers se observa dermatitis, y emplume deficiente, en aves reproductoras se disminuye la incubabilidad, con pollitos que nacen muy débiles y alta mortalidad durante los primeros días de su vida, el exceso de ácido pantotenico no provoca problemas en la práctica.

## **~ Vitamina B<sub>6</sub> o Piridoxina**

Característica y metabolismo:

Es absorbida en el tubo digestivo previa copulación con una proteína formando una sustancia de tipo fermento, que se deposita en el hígado, riñón y músculos; en los rumiantes esta vitamina es sintetizada por la flora microbiana del rumen.

## Funciones

Las formas fosforiladas de la vit.B<sub>6</sub> intervienen como coenzimas en numerosos procesos relacionados con el metabolismo proteico (triptófano, tirosina); se considera que tenga relación con algunos ácidos grasos no saturados (linoléico); su función principal es la utilización eficiente de la proteína de la ración.

## Deficiencia y exceso

En animales jóvenes inciden las lesiones de tipo nervioso con excitabilidad, irritabilidad y ataques pseudoepilépticos, en los pollos ocasiona alteraciones en la marcha, convulsiones y caquexia. Además una carencia en vit.B<sub>6</sub> inhibe la síntesis de globulinas responsables del transporte de anticuerpos, no se han detectado problemas de intoxicación asociados al exceso.

## Fuentes

Son fuentes de esta vitamina los vegetales: henos de leguminosas y granos en general, existen también fuentes de microorganismos del rumen y sintéticas como el clorhidrato de piridoxina.

## \* Vitamina B<sub>10</sub> Folacina

### Característica y metabolismo

Es una molécula derivada del ácido paraaminobenzoico y se encuentra en la naturaleza en forma de poliglutamatos estos complejos son inactivos pero una vez ingeridos por el animal se hidrolizan en el intestino, se absorben y se almacena en hígado como poliglutamatos y se excretan por la orina como ácido fólico, al parecer interviene en la síntesis o metabolismo de los ácidos nucleínicos y sus derivados.

## Funciones

Interviene en reacciones de metilación (transferencia de carbonos, funciona en ciertos sistemas de enzimas, incluyendo la oxidación de la tiroxina. Actúa en la hematopoyesis, provocando sobre los macroblastos el paso a megablastos e impidiendo la regresión. Tiene un papel reconocido en la inactivación de las micotoxinas y en la activación de la respuesta inmunitaria.

## Deficiencia y exceso

Los síntomas de carencia de ácido fólico están muy interrelacionados con los de la vitamina B<sub>12</sub>, cuando hay carencia se presenta anemia macrocítica e hipercrónica, unida al retraso en el crecimiento y otros trastornos. En aves se observa un aumento de la mortalidad embrionaria con un mayor porcentaje de embriones con malas formaciones.



La carencia de folacina no es muy frecuente aunque el uso de sulfas puede aumentar las necesidades del animal. No se han detectado problemas de toxicidad por uso excesivo.

### **Fuentes**

Son fuentes de esta vitamina las harinas de carne, granos de cereales y levaduras, se conoce el monoglutamato del ácido fólico en forma sintética y hay síntesis en rumen e intestino.

## **Vitamina B<sub>12</sub> Cianocobalamina**

### **Características y metabolismo**

Es soluble en agua, fácilmente destruible por oxidación. Se absorbe a nivel del Ileum y pasa a los tejidos a través del sistema porta. El hígado es el principal sitio de almacenaje y las vías de excreción más importantes son el huevo, la orina y la bilis. La mayor parte de la vitamina que va a la bilis se reabsorbe y reutiliza.

### **Funciones**

Es un cofactor de numerosas enzimas involucradas en el transporte de grupos metilos precisos para la biosíntesis de moléculas tales como purinas y pirimidinas. Desempeña el papel de catalizador en la síntesis de la timidina este concepto se proyecta sobre el metabolismo de los ácidos nucleicos que tanta importancia tienen en las funciones de crecimiento y reproducción de las células orgánicas.

### **Deficiencia y exceso**

Detiene el crecimiento en pollos, pavos, cerdos; los rumiantes la sintetizan en el rumen. En aves reproductoras incremento de la mortalidad embrionaria. Los pollos tienen poco plumaje, lesión renal, función tiroidea alterada, elevación de la glucosa y del nitrógeno no proteico en la sangre. Los lechones presentan capa aspera de pelo, movimientos incoordinados de las patas traseras. Las cerdas gestantes presentan un índice elevado de abortos, camadas pequeñas, fetos anormales.

### **Fuentes:**

La vitamina B<sub>12</sub> es sintetizada por la mayoría de las bacterias para lo que se precisa un aporte externo de cobalto, una deficiencia en cobalto, provoca iguales síntomas deficitarios que los de la vitamina. Las harinas de carne y pescado son buenas fuentes de esta vitamina y comercialmente se conoce la cianocobalamina cristalina.



de alguna forma en las actividades de la enzima málica y de la enzima ornitina transcarboxilasa.

### **Deficiencia y exceso**

Es poco probable encontrar una deficiencia de esta vitamina debido a que los requerimientos cuantitativos son bajos, con respecto al contenido de biotina que se encuentra en la mayoría de los alimentos. La deficiencia de biotina puede disminuir la resistencia a la enfermedad. Se han producido signos de deficiencia en pollos, cerdos, peces, caballos y otras especies alimentadas con clara de huevo cruda.

En el pollo, conejo, rata, etc., se presentan lesiones en la piel, con abundante secreción de las glándulas pilosebáceas, furunculosis, folliculitis. La avitaminosis también puede manifestarse como neumonía, disturbios nerviosos. Es más frecuente en broilers el síndrome del hígado caracterizado por infiltración grasa con alta mortalidad cuando la alimentación es a base de trigo y harina de carne. En reproductoras, el síntoma fundamental es la disminución de la incubabilidad con deformación del esqueleto embrionario y parece ser que junto con colina, ácido fólico y Mn., previene la perosis. En cerdos ocasiona movimientos espasmódicos en los miembros posteriores, grietas en las pezuñas y aspereza de la piel.

No existe evidencia alguna de intoxicaciones por exceso.

### **Fuente**

Se encuentra en el hígado, yema de huevo y leche; en los granos se encuentran en gran concentración lo mismo que en el polen; la levadura contiene algo de vitamina H. Se encuentra en estado libre en frutas y grasas; cuando se encuentra combinada no es soluble.

## **Acido ascórbico o vitamina C**

### **Características y metabolismo**

Se presenta como un polvo cristalino; es hidrosoluble y poco soluble en el alcohol. Se oxida con suma facilidad, conduciéndose como un cuerpo reductor. No es una vitamina típica, ya que la mayoría de las aves y mamíferos son capaces de sintetizarla en riñón a partir de la glucosa. La vitamina C está relacionada con varias conversiones metabólicas importantes, está relacionada con enzimas en los procesos de reducción y oxidación. Se necesita para mantener la oxidación normal de la tirosina y para el metabolismo normal del colágeno. Estimula la eritropoyesis, facilitando la absorción, fijación y movilización del hierro. Ayuda al trabajo muscular retardando la fatiga y favoreciendo la restitución del músculo. Influye en los procesos de inmunidad estimulando la formación de anticuerpos y aumentando el poder bactericida del cuerpo. Interviene en el

## **Niacina (Acido Nicotínico) vitamina P**

La niacina es el símbolo para identificar el ácido piridina 3-Carboxílico y sus derivados. Se absorbe a nivel del intestino y se concentra en el hígado.

### **Funciones**

Es un constituyente de los coenzimas que actúan como codehidrogenasas. Estas enzimas son el NAD y el NADP, vitales en reacciones químicas que se llevan a cabo en los tejidos animales. Su acción biológica radica en los vasos capilares, disminuye la permeabilidad capilar y acorta el tiempo de coagulación. La niacina es fundamental en la utilización eficiente de la energía.

### **Deficiencia y exceso**

El signo general de la deficiencia de niacina es una disminución del crecimiento y del apetito. Los signos específicos incluyen diarrea, vómito, dermatitis, ulceraciones intestinales (enteritis necrótica) en cerdos; poco plumaje, alargamiento de la articulación tibio-tarso, "ojo con gafas" en pollos. En rumiantes adultos la síntesis de esta vitamina se da por la flora microbiana del rumen. El exceso no es un problema práctico.

### **Fuente**

Los rumiantes cubren sus necesidades mediante la síntesis en el rumen. La niacina que se encuentra en la mayoría de los granos de cereales no se halla biológicamente disponible para el cerdo y otros animales con estómago simple. La niacina sintética es añadida como norma en todos los piensos para monogástricos y a veces para rumiantes.

## **Biotina o vitamina H**

### **Características y metabolismo**

Es un ácido monocarboxílico azufrado, libre, es soluble en agua y alcohol, insoluble en éter, cloroformo y éter de petróleo. Es necesaria la biotina para la fisiología de bacterias tales como: *Clostridium*, *Rizobium*, *Staphylococcus* y *Lactobacillus*; también de las levaduras. La vitamina H es absorbida en el tracto intestinal; para absorberse necesita ser hidrolizada, el exceso se elimina por orina y por las heces.

### **Funciones**

La biotina es un componente de varios sistemas enzimáticos y, como tal, participa en las siguientes reacciones: conversión del propionil CoA en metilmalonil CoA; metabolismo de las grasas; degradación de la Leucina; y en las de transcarboxilación. Se ha sugerido que la biotina interviene en la síntesis del ácido aspártico, en la deaminación de los aminoácidos y,

metabolismo de los glúcidos y de los aminoácidos juega un papel importante en la adaptación al stress.

### **Deficiencia y exceso**

En la práctica es raro encontrar casos de deficiencia. Los signos son una menor resistencia al stress y en el caso de ponedoras, en verano una mayor fragilidad de la cáscara.

La toxicidad por exceso es prácticamente desconocida. En ovinos el exceso puede aumentar la incidencia de cálculos renales.

### **Fuentes**

Existe con abundancia en frutos ácidos: Limón, naranja, etc.; pastos, hortalizas, cereales, todos los tejidos animales lo contienen y en mayor proporción las suprarrenales y la hipófisis. La vitamina C contenida en la leche es sintetizada por la mama en el parenquima de la ubre. En general no se recomienda añadir vitamina c al pienso salvo en casos muy excepcionales de stress, tales como situaciones de calor en animales jóvenes de crecimiento rápido y en ponedoras con problemas de cáscara.

## **Colina**

### **Característica y metabolismo**

La colina se encuentra distribuida en forma amplia en tejidos animales como Colina libre, acetilcolina y como un componente de los fosfolípidos. La colina dietética se absorbe en el intestino y se acumula en las membranas orgánicas. La mayoría de los animales son capaces de sintetizar colina en el hígado a partir de la serina siempre que haya grupos metilos. El exceso de colina se metaboliza dando serina y glicina como productos finales. Es incolora, viscosa; absorbe el CO<sub>2</sub> del aire y fácilmente forma sales. Ejemplo: Clorhídrido y picrato.

### **Funciones**

Es usada en el organismo animal en la regulación de los procesos metabólicos; es la unidad constructora de algunos fosfátidos, ejemplo: Lecitinas, esfingomielinas; esta relacionada con los impulsos nerviosos como componente de la acetil colina; suministra grupos metilos iologicamente lábiles; tiene efectos lipotrópicos (previene la acumulación de grasa hepática); no existe evidencia que se necesite como cofactor en las reacciones enzimáticas. Regula los procesos reversibles del metabolismo de las grasas y fosfolípidos. Interviene en la maduración de la matriz cartilaginosa y por tanto en la formación de la estructura osea de ahí que previene la perosis.

### **Deficiencia y exceso**

La deficiencia provoca hígado graso, ya que es un componente de los fosfolípidos; riñones hemorrágicos y hemorragias de otros tejidos y la perosis en pollos. La acumulación de grasa en el hígado es un hallazgo común en todas las especies estudiadas.

La metionina dietaria puede reemplazar completamente a la colina en la prevención del hígado graso en ratas y cerdos. En la perosis de pollos los síntomas son los mismos que se observan en las deficiencias de Mn y de biotina. En cerdos la deficiencia produce una marcha anormal en los animales en crecimiento y en las reproductoras fallas en la reproducción, además del hígado graso y las hemorragias que se observan en otras especies. No se han encontrado datos sobre intoxicaciones con Colina.

### **Fuentes**

Son ricos en colina el hígado, la levadura, la harina de carne y de pescado, residuos de matadero y harina de semilla de algodón. Existe un producto comercial conocido como cloruro de Colina. Se recomienda aportes extras de Colina a raciones para ponedoras con excesiva grasa corporal, cerdas con bajos índices de fertilidad o cerdos alimentados con raciones altamente energéticas.

# **VII**

## **DETERMINACION DEL VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS**

## VII. DETERMINACION DEL VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS

### Determinación del valor de los alimentos

La determinación del valor de los alimentos conlleva el conocimiento de los distintos nutrientes y también el efecto, que produce en el comportamiento animal y la forma en que este es capaz de utilizarlo.

Por ello la determinación del valor de los alimentos permite:

- Confeccionar raciones donde se combinen de manera adecuada distintos alimentos para producir un máximo efecto en el desarrollo y producción del animal.
- Mejorar las cualidades nutritivas de un alimento mediante tratamientos físicos o químicos o mediante la adición de un elemento del que conocemos es deficitario.

Para la valoración de alimentos se pueden utilizar diversos sistemas:

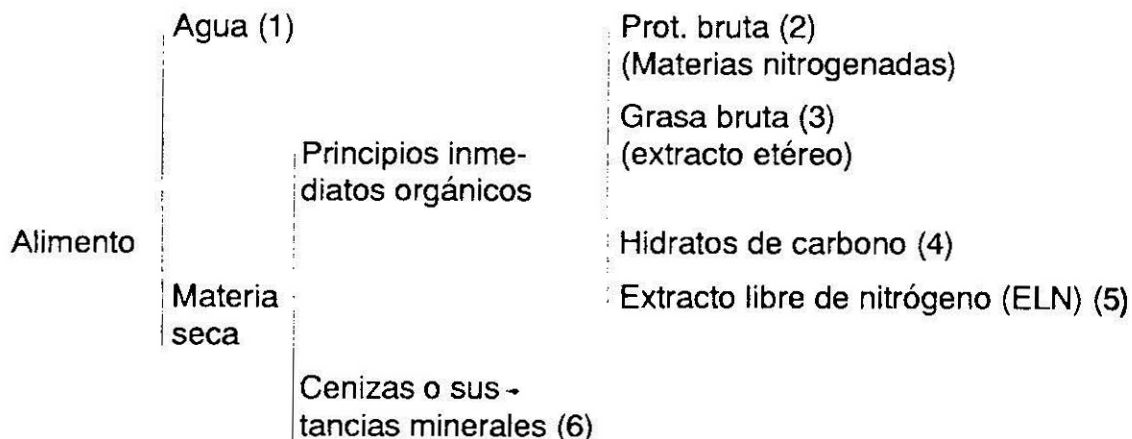
- a)      Análisis químico 
- b) Pruebas de alimentación en animales de granja (Prueba de comparación), en animales de laboratorio.
- c) Determinación de su digestibilidad.

Mediante estos análisis se pueden valorar los alimentos desde los puntos de vista químico, fisiológico y económico y elaborar un criterio sólido sobre el alimento que se evalúa.

#### 7.1 Análisis proximal o análisis químico bromatológico

El objetivo de este análisis es determinar cuantitativamente los principios nutritivos que forman los alimentos.

De acuerdo con el método de Weende el alimento se divide en seis fracciones.



→ **Agua:** Es la sustancia más simple del alimento, es indispensable para el ser viviente pero no tiene ningún otro nutriente.

#### 7.1.1 Contenido de humedad

Pérdida de peso que experimenta una muestra al desecarla a temperaturas próximas a  $100^{\circ}\text{C}$  durante el tiempo necesario para que de un peso constante al residuo seco.

El contenido de humedad obtenido se resta de 100 y se calcula el contenido de materia seca (MS) de la muestra; este método presenta los siguientes inconvenientes.

- Materiales biológicos contienen compuestos que se volatilizan a  $100^{\circ}\text{C}$
- Pierden nitrógeno, AGV, azúcares alcohólicos. El peso de tales sustancias es determinado como agua en esta determinación.

La importancia de conocer el contenido de MS o de humedad de los alimentos radica en que:

El valor nutritivo de un alimento esta en razón inversa a su contenido de agua (animales pueden recibirla por otra vía).

Alimentos con más de 14% de humedad no pueden almacenarse pues se enmohecen fácilmente y pueden arder espontáneamente.

El contenido de humedad influye sobre el costo del alimento por unidad nutritiva. Por ejemplo es posible que se compre granos a un precio barato pero por tener alto grado de humedad, el precio por unidad de materia seca no resulta barato (el contenido de humedad de maíz por ejemplo puede variar de un 12% a un 30%).

El forraje que se va a ensilar debe tener un contenido acuoso adecuado (no debe ser superior al 70% el contenido de humedad).

Alimentos excesivamente secos al molerse resultan pulvulentos y no son satisfactoriamente consumidos, siendo necesario humedecerlos.

No debe usarse el peso verde de un forraje para reportar rendimientos ya que el peso verde puede variar por lluvia reciente, sereno, edad de la planta, riego, ej. Una carga de forraje recién cortada pesado en la madrugada después de una llovizna puede tener un contenido del 40% más de agua que cuando se pesa unas 3 horas más tarde.

En los animales debemos garantizar un suministro adecuado de MS en la ración para que satisfaga sus necesidades de volumen y los procesos digestivos ocurran con la mayor eficiencia.

La MS refleja una cantidad mediable que se puede utilizar para comparar muestras en cualquier estación del año.

— La MS debe ser la base para reportar todos los datos.

— La porción de MS es la que contiene todos los nutrientes.

### **7.1.2 Proteína Bruta (PB)**

Agrupar todas las sustancias nitrogenadas contenidas en el alimento: comprende no sólo a las proteínas sino también otros cuerpos nitrogenados de naturaleza no proteica.

La proteína bruta (PB) comprende:

- a) Proteína pura o verdadera.
- b) Sustancia nitrogenada no proteica.

Si se somete la proteína bruta de un pienso a la acción del óxido de cobre (Cúprico) se obtiene precipitado con las sustancias nitrogenadas de origen proteico quedando en disolución las sustancias que contienen nitrógeno de otra naturaleza.

Como hemos visto los animales (sobre todo rumiantes) pueden utilizar una parte considerable de la fracción no proteica para la síntesis de proteína.

### **Importancia de la determinación de la proteína**

Sabiendo el contenido proteico de un alimento se puede obtener una idea aproximada de la clase de alimento a que pertenece cuando se desconozcan otras características (alimentos básicos son pobres en proteínas, alimentos concentrados son más ricos, en proteínas etc.). Constituye una medida directa de la digestibilidad de un alimento porque el componente



proteico de los alimentos es en general altamente digestible si se compara por ejemplo con los carbohidratos, más fibrosos.

Alimentos con alto contenido de proteína resultan más costosos por lo que conociendo su composición en los alimentos podemos utilizar estos en las cantidades mínimas necesarias y no dar un exceso que pudiera ser utilizado por el organismo como fuente de energía cuando existen otros alimentos ricos en componentes energéticos más baratos y que suministran dicha energía con mayor eficiencia.

Para obtener la cifra de proteína bruta, primero se obtiene la cantidad total de N contenido en el alimento y después esta se multiplica por el factor 6.25.

El factor señalado depende del porcentaje de nitrógeno que se sabe contiene la proteína del alimento en particular.

Mediante la siguiente fórmula se puede explicar mejor este aspecto.

$$PB = \frac{X \cdot 100}{Y}$$

PB = Proteína bruta.

X = % de nitrógeno en el alimento

Y = % de nitrógeno de la proteína en el alimento.

El factor 6.25 se obtiene en las proteínas con un 16% de N o sea  $100/Y = 100/16 = 6.25$  que es el factor más comunmente utilizado. Aunque si se conoce el porciento de N de la proteína del alimento lo adecuado sería calcular el factor de acuerdo con ese porciento.

En el libro de Boado A. (1977) página 307 se presenta un cuadro ilustrativo de este tópico del cual tomamos los siguientes datos a modo de ejemplo.

ALIMENTO	% DE N EN LA PROTEINA	% DE N EN EL ALIMENTO	FORMA DE CALCULARLO		
			N x 6.25	FACTOR ESPECIFICO	NxFACT
TRIGO COMPLETO	17.2	2.06	12.9	5.83	12.0
CEBADA	17.2	1.68	10.5	5.83	9.8
MAIZ	16.0	1.54	9.6	6.25	9.6

Aún cuando la P. B. (N x 6.25) puede constituir una determinación un tanto grosera de la proteína total y servir poco o nada para determinar su calidad, constituye un índice satisfactorio para:

— Expresar las necesidades de proteína.

- Componer raciones prácticas para los animales con respecto a este nutriente.

La determinación de N (Método Kjeldahl) se basa en la conversión de nitrógeno, de las sustancias nitrogenadas de amonio, hirviéndolas en ácido sulfúrico concentrado. El material orgánico se oxida a dióxido carbónico y agua, el ácido sulfúrico se convierte en dióxido sulfúrico y el nitrógeno se fija en forma de sulfato de amonio.

La cantidad de sulfato de amonio se determina agregando un exceso de hidróxido de sodio, destilando amonio liberado para convertirlo en una sal con un ácido standard y titulando el exceso con un alcali standard.

### 7.1.3 Extracto Etereo o Grasa (E. E. o GB)

Para la extracción del extracto etéreo o grasa bruta se usan diferentes solventes (éter etílico anhidro, éter de petróleo). El residuo que da después de evaporar estos solventes recibe el nombre de extracto etéreo o grasa bruta. En este EE figuran todas las sustancias solubles en los disolventes de las grasas.

Están presentes en el E. E. , compuestos que se consideran nutrientes (glicéridos de los ácidos grasos, ácidos grasos libres, colesterol, lecitinas, vitaminas liposolubles y compuestos que no son nutrientes. (Clorofila, sustancias alcalinas, aceites volátiles, resinas).

Hay verdaderas sustancias grasas que no son extraídas por estar en el interior de los tejidos del alimento y no llegar la acción del éter.

El E. E. de los diferentes alimentos varía en especial en cuanto al contenido de esteroides y como este carece de valor energético no afectará el valor energético del producto.

En la práctica es importante conocer el contenido de grasa del alimento por que:

El contenido de E. E. es la causa principal de la diferencia de la energía bruta de los alimentos ya que mientras los carbohidratos y las proteínas producen cerca de 5 calorías por gramo el extracto etéreo produce algo más de 9 calorías por gramo.

El ganado en general tienen poca tolerancia a los alimentos grasos (ejemplo en el cerdo).

La formación de grasa orgánica es más económica a partir de los carbohidratos.

Debe tenerse en cuenta que harinas de pescado con más del 4% de grasa afectan la calidad del cerdo, huevos y en general la carne de los animales con ella alimentados.

En las grasas hay ciertos ácidos grasos insaturados indispensables (linoléico y linolénico). Tienen valor como nutriente por su contenido en Glicéridos (Grasas), caroteno (provitamina A), tocoferol o vit. E, provitamina D todas de origen vegetal y vit. A y D<sub>3</sub> en los alimentos de origen animal.

El éter debe ser anhidro y la muestra debe estar completamente seca para evitar pérdidas de carbohidratos solubles en la proporción medida como extracto etéreo.

La extracción puede hacerse con éter etílico anhidro (punto de ebullición 34,6°C) o éter de petróleo (34-45°C).

Utilizando un equipo extractor de Soxhlet, el valor del éter atraviesa las muestras, después de aproximadamente 6 horas. Se obtiene en el balón el éter con el extracto etéreo. Posteriormente por calentamiento se recupera el éter quedando en el balón el extracto etéreo.

Mediante la siguiente fórmula se obtiene el % de E. E. de la muestra.

$$\% \text{ E. E.} = \frac{(a-b)*100}{h}$$

- a) Peso balón de soxlet más el extracto etéreo.
- b) Peso del balón vacío.
- c) Peso de la muestra inicial en gramos.

La diferencia entre muestras paralelas no debe ser superior al 0. 2% cuando la muestra contiene hasta el 10% de grasa y de 0. 3% cuando la grasa de la muestra es superior al 10% (Calorías: Cantidad de calor preciso para elevar la temperatura de un gramo de agua desde 14,5 a 15,5 grados centígrados). 1 kilocaloría es igual a 1000 calorías.

#### 7.1.4 Fibra Bruta

Todas aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas que no se disuelven hirviendo los alimentos (previa extracción del extracto etéreo) con ácidos y álcalis diluïdos y a cuya cifra total se le resta el peso de las cenizas constituyen la **Fibra Bruta** (FB).

La FB. químicamente representa una mezcla de CELULOSA-PENTOSAS - LIGNINA - CUTINA.

La importancia de la fibra bruta en el alimento radica en que influye en la digestibilidad del mismo y por lo tanto en el grado en que el alimento pueda ser utilizado por el animal. En los rumiantes existe una mayor capacidad para digerir la celulosa y la hemicelulosa debido a la acción de las enzimas producidas por los microorganismos del rumen.

Según Revuelta L. (1967) otro autor, Kellner clasifica los heno de acuerdo con su contenido en fibra en:

	<b>% DE FRIBRA BRUTA</b>
Mediocres	33.5
Buena calidad	26.0
Muy bueno	No mayor de 22%
Excelente	No mayor del 19.5%

Lignina. Constituyente de las membranas vegetales en las que aumenta su cantidad paralelamente a la edad de las plantas. En unión con la celulosa desempeña el papel de elementos de sosten. Es más resistente que esta a la acción de los ácidos diluidos y contiene mayor cantidad de carbono que oscila del 50 al 60%.

No es un carbohidrato.

#### **7.1.5 Cenizas**

Podemos definir las cenizas: Como el residuo inorgánico de una muestra incinerada.

La utilidad de la determinación de las ceniza radica en:

Que se utiliza para determinar por diferencia el ELN.

Es útil cuando se debe conocer la cantidad total de materia orgánica que contiene el alimento.

La determinación de los minerales en particular se puede hacer utilizando los residuos de la incineración.

La ceniza bruta se determina calcinando una muestra de pienso en un crisol de platino o porcelana a 500°C. Las cenizas brutas en las sustancias vegetales tienen poco valor para uso directo en la alimentación debido a que la composición de las cenizas de las sustancias citadas es altamente variable, no solamente en la cantidad total, sino en sus partes constituyentes. En las harinas de huesos y de los alimentos de origen animal o marino la composición en cenizas es relativamente constante.

#### **7.1.6 Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)**

En el ELN se encuentra una mezcla de sustancias orgánicas dentro de las cuales no figura ninguna que contenga nitrógeno.

Estas sustancias se caracterizan por disolverse en las soluciones ácidas y alcalinas durante la determinación de la FB.

La determinación directa es imposible a causa de las diversas sustancias químicas que lo forman y además la dificultad que presenta aislarla analíticamente.

El ELN es una mezcla de todos los almidones y azúcares de la muestra más algo de hemicelulosa y gran parte de lignina, puede contener además vitaminas hidrosolubles. La mayor parte del ELN, se compone de almidón y azúcares (alto valor energético).

### Forma de determinar el ELN.

Por las dificultades que presenta aislar analíticamente los distintos compuestos que forman el ELN, para su determinación en el alimento se obtiene el porcentaje de humedad, proteína, grasa, fibra, cenizas y se resta esta suma de 100. La diferencia representa el **Extracto Libre de Nitrógeno**.

$$\text{ELN} = 100 - (\% \text{H}_2\text{O} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{FB} + \% \text{CENIZAS})$$

La importancia del ELN radica en que:

Es un índice útil en la práctica de la porción no celulósica de los carbohidratos del alimento y es principalmente una fuente inespecífica de energía.

El ELN constituye alrededor del 40% del peso seco de los no concentrados y el 70% en el caso de los alimentos básicos (En granos el ELN es sinónimo de almidón y azúcares).

### Analisis Especiales

Estos análisis se emplean para estudiar más detalladamente determinada sustancia que forma parte de los principios inmediatos analizados por el método de Weende.

Ejemplo en el E. E.

Vitaminas liposolubles.

Acidos grasos esenciales.

Determinado tipo de grasa.

En la P. B. NNP,

Aminoácidos esenciales nitritos.

En la FB

Celulosa.

En el ELN

Azúcares, etc.

En las cenizas:

Minerales como calcio, fósforo, etc.

## 7.2 Pruebas de alimentación

Las pruebas de alimentación se realizan suministrando a grupos de animales el alimento o alimentos a los cuales se les quiera determinar su valor nutritivo.

Durante la prueba de alimentación medimos rasgos productivos los cuales utilizamos como criterio para determinar el valor nutricional del alimento o alimentos que hemos sometido a dicha prueba. Para realizar este tipo de prueba tenemos como premisa la composición en nutrientes a partir del análisis químico bromatológico. Los valores encontrados en este análisis además de ofrecer un índice a tener en cuenta para valorar el alimento sirve como base para confeccionar las dietas que se someterán a estudio en la prueba de alimentación.

Por lo general las pruebas de alimentación se realizan a partir de dos tipos de pruebas.

- a) Prueba de comparación de alimentos.
- b) Pruebas de alimentación con animales de laboratorio.

### **Prueba de comparación de alimentos**

En este tipo de prueba se compara 1, 2 ó más alimentos a los cuales queremos estudiar su valor nutricional con un alimento patrón o control de valor nutritivo conocido.

Estos alimentos son estudiados agrupados en tratamientos de acuerdo a un diseño experimental. En cada uno de estos tratamientos medimos rasgos productivos tales como velocidad de crecimiento, consumo de alimentos, calidad de la canal, producción de leche, producción de huevos, peso de las crías al nacimiento, etc. Generalmente estas pruebas se realizan directamente empleando animales de granja.

### **Pruebas de alimentación con animales de laboratorio**

Estas pruebas se realizan con animales pequeños tales como ratas, ratones, cobayos, etc. y los resultados obtenidos son traspolados a animales de granja.

Tiene gran utilidad por lo siguiente:

A veces es necesario medir los índices con tal rigurosidad que es aconsejable realizarla con animales de laboratorio por lo tanto este tipo de prueba se realiza a muy bajo costo.

Otras veces se emplean estas pruebas por un ahorro de tiempo, obteniéndose mucho más rápida la información permitiendo en poco tiempo y espacio aumentar considerablemente la cantidad de ensayos.

En la práctica de alimentación se emplean para determinar requerimientos de nutrientes, fundamentalmente aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, calidad biológica de una fuente proteica. En definitiva los mejores resultados seleccionados del total de ensayos deben ser confirmados en

los animales domésticos para los que, en último caso estamos estudiando el alimento o alimentos. Tienen implícito el error que se deriva de traspolar datos obtenidos de un animal para emplearse en otro. Están mucho más cerca en el caso de los animales monogástricos que de los rumiantes.

### 7.3 Digestibilidad

✱

#### Concepto e importancia

Análisis próximal: Nos da información sobre la composición química bromatológica del alimento. Siendo un indicador del valor nutritivo potencial de un alimento pero no indica el grado de aprovechamiento real del alimento por el animal en la digestión, absorción y metabolismo.

Para conocer este aprovechamiento se hacen pruebas de digestibilidad. La digestibilidad se define como, la proporción de alimento que no es excretado en las heces y que se supone ha sido absorbida. La importancia de determinar la digestibilidad de un alimento radica en lo siguiente:

- Es un valor variable entre distintos alimentos, posee un valor práctico.
- La digestión incompleta, frecuentemente representa la mayor pérdida encontrada entre la cantidad de nutrientes inicialmente y la cantidad finalmente utilizada por el animal.

#### Digestibilidad aparente y verdadera

Para medir exactamente la digestibilidad de un alimento (digestibilidad verdadera) no basta con restar del contenido del alimento el expulsado junto con las excretas.

Debido a que en rumiantes el CH<sub>4</sub> (Metano) que se forma en la digestión de los carbohidratos no se absorbe pero tampoco aparece en las heces, pues se pierde por eructación. Esta pérdida conduce a un valor falsamente elevado de la digestión de los carbohidratos en los rumiantes.

No todo el contenido de las heces consiste en residuos alimenticios no digeridos pues aparecen enzimas, células al revestimiento intestinal, extracto etéreo por ejemplo.

En el caso de las proteínas además del nitrógeno residual de la dieta digerida, en las heces aparece también nitrógeno microbiano, nitrógeno de los jugos digestivos y también nitrógeno procedente del desgaste de la mucosa intestinal.

Por lo anteriormente expuesto a los valores obtenidos se les llama digestibilidad aparente para distinguirlo de la real o verdadera. Esta última es más difícil de determinar en la práctica.



➤ Métodos para determinar la digestibilidad del alimento:

### **Métodos directos ó "in vivo"**

#### **Recolección de heces**

Consiste en medir los nutrimentos consumidos durante un período determinado y recoger toda la materia fecal producida durante el mismo período.

La prueba se realiza con varios animales de acuerdo con un diseño experimental debido a que aún siendo los animales de igual edad, sexo, raza, se presentan diferencias individuales y además se puede enmendar cualquier error cometido en las mediciones.

Mamíferos: Preferencia machos. Fácil recogida por separado de heces y orina.

En aves: Excreta y orina juntas. Pueden separarse por ser componentes de la orina, ácido úrico en su mayoría a través de una operación quirúrgica.

En monogástricos: Es más sencillo los nutrimentos a través del tracto digestivo tienen poca demora.

Total Nutrimento digerido = Total consumido - Total en heces.

Por lo que el Coeficiente de digestibilidad es:

$$\frac{\text{Nutrimento digerido} \times 100}{\text{Total Nutrim cons.}}$$

Ej. Una vaca que consume 8Kg. de MS y excreta 3Kg en heces.

$$\text{Digestibilidad de la M. S.} = \frac{(8-3)}{8} \times 100 = 62.5$$

En los rumiantes hay mayor complicación para medir la digestibilidad debido a que no existe un mecanismo para asegurar que la totalidad del alimento suministrado en un momento dado sea digerido en un tiempo determinado. Algunas porciones del alimento pueden permanecer en el rumen durante horas o días enteros. Para contrarrestar este hecho se da un período preliminar de la prueba de digestibilidad, en rumiantes se acostumbra a que no sea inferior a 7 días.

Medidas o pasos adicionales para el método de recolección de heces.

- Mezclar alimento que contenga una composición química uniforme.
- Período preliminar. previene la eliminación de residuos del alimento anterior.
- Período de 5 - 14 días de control de ingestión de alimento y deposición de excretas.



### **Método por indicadores (in vivo)**

Los INDICADORES: son sustancias que pueden ser consumidas o administradas a un animal y que son completa y regularmente excretadas uniformemente mezcladas con el material fecal, debido a que son totalmente inertes en el aparato digestivo, los indicadores más usados son óxido crómico y lignina.

Se utiliza marcadores (colorantes). Se da el marcador con la primera porción del alimento que se va a medir, comenzándose la recolección de heces desde el momento en que el colorante aparece en ellas. El colorante se da después de la última porción de alimento que se va a medir y se discontinúa la recolección con la aparición del colorante en las heces.

Se usa cuando es imposible medir el peso del alimento y/o de las excretas. O para no tener que coleccionar todas las heces producidas en una prueba, proceso que es tedioso y costoso.

Las propiedades del indicador son:

- No es digerido ni absorbido por el animal.
- No se destruye por los microorganismos.
- No son tóxicos.
- Se determinan fácilmente por análisis químico.

Con relación al método por indicadores tenemos:

Si la concentración del indicador en la MS del alimento es del 1% y sube a 2 en las heces quiere decir que el 50% de la MS de alimento ha sido absorbido y digerido.

Coeficiente de digestibilidad MS:

$$\frac{\% \text{ del indicador} - \% \text{ del indicador en las heces} \times 100}{\% \text{ del Indicador en heces}}$$

### **Método de bolsa en rumen**

Se considera que es un método in vivo algunos le llaman digestión "in situ"

Consiste en introducir en el rumen a través de una fístula una bolsa de nylon con el alimento molido y tamizado (tamaño similar a cuando el animal lo rumia) y por diferencia de peso se determina el coeficiente de digestibilidad.

### **Método indirecto o de digestibilidad parcial (in vivo)**

Surge debido a que un sólo alimento no puede constituir la ración de un animal por mucho tiempo sin traer trastornos o poder mantener el funcionamiento normal del aparato digestivo.

En los métodos de recolección total se determina la digestibilidad de la ración.

Por el método parcial son necesarias 2 ó más pruebas.

Por ejemplo: Primera prueba: Se suministra un alimento que puede garantizar funcionamiento normal del organismo y se le mide la digestibilidad.

Segunda prueba: Se adiciona a la dieta basal el alimento al cual necesitamos determinar la digestibilidad.

Problema: Se necesita conocer la digestibilidad de la MS de un suplemento para vaca.

Se da entonces forraje el que para garantizar la homogeneidad se oferta en forma de harina.

Primera prueba: Dieta basal de harina de forrajes: Se halló que el 40% de la MS del alimento apareció en las heces. Se dió 10Kg de MS en el alimento y se recogieron 4 Kg de MS en heces.

Segunda prueba: Se agregan 10Kg de MS del suplemento a los 10Kg de MS de la dieta basal.

Se recogieron 5 Kg de MS en heces. De la primera prueba sabemos que de estos 5Kg de MS 4 proceden de la dieta basal por tanto podemos plantear que:

$$\text{Coef. de dig. de MS en la mezcla} = \frac{(10-1)}{10} * 100 = 90\%$$

### **Método "in vitro" o de laboratorio para determinar digestibilidad**

Debido a que los ensayos de digestibilidad son molestos de realizar, se han hecho intentos para reproducir en el laboratorio las reacciones que tienen lugar en el tracto digestivo, para poder determinar la digestibilidad de los alimentos.

- Método del ácido clorhídrico - pepsina. Se digieren muestras del alimento con ácido clorhídrico y pepsina.
- Método rumen artificial. Se trata la muestra con líquido ruminal en un rumen artificial.

El rumen artificial consiste en un recipiente de vidrio con dispositivos que aseguran las condiciones del rumen natural como: temperatura, movimiento, anaerobiosis, pH.

Existen modelos complicados que añaden saliva artificial, elimina productos de la digestión etc. Es necesario utilizar factores de corrección, pues los valores que se obtienen son más bajos que los normales (in vivo)

#### ^ Factores que afectan la digestibilidad

- 1) Composición del alimento: Hay alimentos que varían muy poco en su composición química (cereales) hay otros alimentos como los pastos que presentan amplias variaciones entre muestras que conducen a errores por análisis químico bromatológico.
- 2) El contenido de fibra bruta del alimento influye sobre el valor de su digestibilidad y sobre la digestibilidad de los demás nutrientes de la dieta.
- 3) El nivel de proteína en las dietas influye sobre el valor de la digestibilidad. A medida que se eleva el nivel de proteína en dietas el N fecal metabólico disminuye proporcionalmente del total de N excretado y esto hace que a mayor nivel de proteína más nos acercamos al valor real de la digestibilidad.
- 4) Efecto asociativo. En este caso la digestibilidad del alimento se ve afectado por la composición del otro alimento con que está mezclado formando ambas partes de la dieta.
- 5) Preparación del alimento: El alimento antes de suministrarlo a los animales se somete a diferentes tratamientos: trocearlos, aplastarlos, tritarlos o molerlos, cocción y tratamientos con álcalis. Con el objetivo de obtener la digestibilidad máxima los cereales son triturados para suministrar a los rumiantes y molidos para cerdos y aves.  
Tratamientos con álcalis. Esto provoca la separación de los componentes de la fibra bruta.

#### ^ Factores dependientes del animal

- 1) El factor animal más importante es la especie. Los alimentos con poca fibra son igualmente digeridos por los rumiantes y monogástricos.  
Los alimentos fibrosos son mejor digeridos por los rumiantes. Los valores de digestibilidad aparente de las proteínas es a menudo mayor para los cerdos, por presentar una menor excreción de nitrógeno fecal metabólico.
- 2) Nivel de consumo. Un aumento en el consumo de alimento puede provocar un descenso en el valor de la digestibilidad. Este se debe a

un aumento de la velocidad de pasaje de la digesta estando el alimento expuesto en menor tiempo a la acción enzimática.

#### **7.4 El sistema de nutrientes digestibles totales en la valoración de los alimentos**

En las tablas en que se da la composición aproximada de los alimentos se incluyen por lo general valores de su composición digestible.

Hay que hacer notar que estos valores son cifras medias, no constantes, biológicas y pueden resultar poco exactas cuando se aplican a una muestra determinada de alimento dada a un animal en particular. Por lo tanto los coeficientes de digestibilidad media deben ser utilizados con precaución sobre todo cuando en cuestión puede presentar amplias variaciones en su composición. A pesar de todo los datos sobre la digestibilidad son importantes ya que existen varios métodos que se basan en la composición digestible del alimento para conocer o calcular su poder energético.

Existe un método en el que se valoran los alimentos en términos de sus nutrientes digestibles totales (TDN total de nutrientes digestibles) En este sistema se calcula un valor para cada nutriente del modo siguiente:

$$\text{TDN} = \% \text{ PB digestible} + \% \text{ FB digestible} + \% \text{ ELN digestible} + \% \text{ de EE} \times 2.25$$

Para la realización de estos cálculos debemos primero determinar el contenido % del alimento en PB, FB, etc. y estos valores multiplicarlos por sus correspondientes coeficientes de digestibilidad.

Los valores de energía que se tienen en consideración para cada nutrientes son: Cuatro calorías por gramo para la proteínas, cuatro calorías por gramo para los carbohidratos y nueve calorías por gramo para la grasa.

Estos valores se convierten a factores (dividiendo entre cuatro cada uno) que son 1,1 y 2. 5 para las proteínas, carbohidratos y grasa respectivamente.

El E. E. se multiplica por 2. 25 debido a que el valor energético de las grasas es aproximadamente dos veces y cuarto superior al de los carbohidratos. En el Reino Unido este método se utiliza solamente en los cerdos.

Este método tiene como ventaja su simplicidad, su inconveniente es que no tiene en cuenta la eficiencia con la que los nutrientes productores de energía son metabolizados y hechos útiles por el animal, dicha existencia varía de unos alimentos a otros.

El TND expresa en porcentajes la energía útil total de un alimento.

## 7.5 Relaciones entre los distintos elementos nutritivos

El estudio del fisiologismo de los seres vivos demuestra la existencia de un gran número de equilibrios en el medio interno donde se desarrollan los fenómenos vitales, equilibrios cuyo mantenimiento está rigurosamente asegurado por la puesta en juego de sistemas reguladores tan complejos como precisos.

Las condiciones alimentarias influyen ampliamente en el medio interno reflejándose en él, los propios desequilibrios entre los principios alimenticios.

El conocimiento de los equilibrios alimentarios es, pues, necesario en la alimentación racional científica y bien dirigida de los animales domésticos.

Las relaciones más importantes y mejor conocidas son entre las sustancias nitrogenadas y no nitrogenadas, entre la grasa y la proteína, entre el calcio y el fósforo etc. A continuación analizaremos algunas de ellas:

### Relación nutritiva (R. N)

Es la proporción existente entre las materias nitrogenadas digestibles y los elementos no nitrogenados digestibles también.

Teniendo en cuenta el valor calórico de las grasas, se les da un valor más alto (grasa digestible x 24).

La formula actualmente admitida es :

$$R. N = \frac{\text{Protidos}}{\text{Glúcidos} + \text{Lípidos} \times 24}$$

Se considera la R. N.

Estrecha cuando su valor es de 1:2 a 1:5

Media cuando su valor es de 1:5 a 1:7

Amplia cuando su valor es superior a 1:7

A los animales jóvenes por ejemplo (durante la lactancia y algún tiempo después del destete) raciones con RN de 1:2 no les perjudican; en cambio una relación de 1:8 dificultaría seriamente su crecimiento, y 1:13 les causaría trastornos tan graves que terminarían seguramente con su vida, A medida que el animal va creciendo la relación nutritiva se hace más amplia.

La R. N. también se tendrá en cuenta de acuerdo con la producción, trabajo, estado fisiológico del animal, Así vemos que por ejemplo en hembras en producción de leche en las que las necesidades de proteínas son altas la relación no debe ser estrecha.

### **Relación Adipoproteica (RAP)**

Es la proporción entre las cantidades de grasa y proteína digestibles contenidas en una ración o pienso indicado.

Diversos autores han confirmado la importancia de una determinada proporción de grasa en la ración para el mejor aprovechamiento de sus demás integrantes y especialmente de la proteína.

$$R. A. P. = \frac{\text{Grasa digestible}}{\text{Proteína digestible}}$$

Se afirma que esta relación debe oscilar ente 1:3 y 1:4

Una relación adipo-proteica más estrecha, es decir un exceso de grasa origina una notable disminución en la digestibilidad de la proteína y relaciones más amplias, deficientes en materias grasas, ocasionan trastornos complejos del metabolismo y determinados cuadros morbosos.

### **Relación calcio-fósforo**

Para que el depósito de las sales de calcio se realice normalmente en el proceso de osificación es necesario que en la dieta guarden una cierta proporción el calcio y el fósforo entre sí y con la vitamina D.

El valor óptimo de la relación Ca:P es de 1 a 1.5 aunque varía hasta 3:2 según la especie, edad del individuo, tipo de producción, estado fisiológico, etc.

### **Relación entre el volumen de una ración y su valor nutritivo**

Para que las funciones digestivas y asimilativas se realicen dentro de la normalidad, es necesario que el volumen de la ración sea adecuado.

Puede ocurrir:

- A) Que el volumen total del alimento sea muy inferior a la capacidad gastrointestinal del animal que los consume y en este caso la excesiva concentración y el reducido volumen lo hacen insuficiente para activar la funcionalidad peristáltica y secretora del aparato digestivo y para despertar la sensación de saciedad.
- B) Que el volumen, la masa de alimentos que el individuo tenga que ingerir para cubrir sus necesidades sea de tal grado que el aparato digestivo sea insuficiente para albergarlos. En este caso la sobrecarga que representa el exceso de volumen activa el peristaltismo, de lo que resulta que una parte importante del alimento sea expulsado al exterior indigerida.



De esta forma el animal no cubre sus requerimientos tampoco. La voluminosidad de un alimento está en función de su contenido en fibra bruta, celulosa, hemicelulosa y otros elementos integrados del grupo de estas sustancias.

La capacidad de los animales hacia un mayor o menor volumen de la ración se relaciona con su capacidad para digerir la celulosa. Puede establecerse que las raciones pueden ser más voluminosas en rumiantes, menores en los équidos y aún menores para los suinos y otros omnívoros, requiriendo la menor voluminosidad los carnívoros.

En la práctica del racionamiento el volumen viene dado por la cantidad de sustancias secas que contienen los alimentos y en las tablas de requerimientos se establecen las cantidades de MS que deben aportarse diariamente en la ración a las especies animales.

## **7.6 Prueba de balance**

Un balance de nutrición envuelve la anotación de las cantidades ingeridas y excretadas de una sustancia, de donde se deduce, si ha habido ganancia o pérdida de esa sustancia en el cuerpo.

El balance nutritivo comprende:

- a) Balance de materias : Medida de las sustancias.
- b) Balance energético. Medida de las pérdidas de calor.

## **Balance de nitrógeno**

El organismo para el crecimiento desde el inicio del período fetal utiliza los materiales plásticos contenidos en el alimento para la formación de sus tejidos. Estos tejidos a su vez en el funcionamiento vital del animal son destruidos y es necesario reponerlos.

En este proceso de destrucción y formación de tejidos los principios inmediatos experimentan cambios que se reflejan en los balances de sus componentes químicos (nitrógeno, carbono, sales y agua).

En cuanto al balance del nitrógeno vemos que los animales no tienen capacidad para utilizar el nitrógeno del aire, por lo que hay que admitir que el nitrógeno existente en el organismo animal proceda únicamente del contenido de los alimentos, su eliminación se realiza por la orina y en menor cantidad por las heces. Pequeñas cantidades se pierden por la piel y cantidades infinitesimales por los pulmones en forma de nitrógeno amoniacal.

De esta forma el balance de nitrógeno queda prácticamente reducido a la determinación del contenido en los alimentos y el que aparecerá en las

heces y orina. La diferencia entre el nitrógeno ingerido y el expulsado es el que queda retenido en el organismo.

Pasemos a determinar el nitrógeno del alimento retenido por el organismo animal.

Si : Na : Nitrógeno en el alimento

Nf : Nitrógeno en las heces

Nu : Nitrógeno en la orina.

N retenido o fijado = Na - Nf - Nu.

Este nitrógeno se considera como nitrógeno retenido aparente ya que dentro del nitrógeno fecal y el urinario se considera el nitrógeno fecal metabólico y el nitrógeno endógeno urinario (NEU).

que no forma parte del alimento inicial.

El nitrógeno retenido real será entonces:

$N_R \text{ real} = Na (Nf - N_{fm} + Nu - Neu)$

En ambos casos se puede calcular y expresar la retención de nitrógeno en porciento.

$$\% \text{ de } N_{RA} = \frac{Na - (Nf + Nu)}{Na} * 100$$

$$\% \text{ de } N_{RR} = \frac{Na(Nf - N_{fm} - NEU)}{Na} * 100$$

Utilizando el factor calculado (6.25) en base al porciento de nitrógeno en las proteínas (16%) se puede determinar la proporción de proteína que corresponde a una cantidad determinada de nitrógeno hallada en el análisis. De esta forma podemos conocer la proteína fijada, excretada etc.

En los animales productores de leche, huevos, lana, se tendrá en cuenta adicionar este nitrógeno en las cantidades excretadas.

### **Valor biológico de las proteínas o CRN (coeficiente de retención de nitrógeno)**

El organismo animal necesita más que de un mínimo fijo de materia nitrogenada indiferenciada, de un conjunto de aminoácidos unidos en proporciones definidas; materiales básicos con los que deben atender a las sustituciones del nitrógeno perdido en varios órganos durante su continuado funcionamiento, en la formación de nuevos elementos para el crecimiento o en la producción de leche, lana, huevo etc.



El valor biológico constituye una medida de la proporción de la proteína que puede ser utilizada por el animal para la síntesis de la sustancia viviente y otras sustancias orgánicas.

El valor biológico se define como el porcentaje del nitrógeno absorbido que es retenido por el animal.

El valor biológico de una proteína es consecuencia del:

- Número
- Naturaleza
- Proporcionalidad
- Forma de estar enlazados los aminoácidos que la constituyen.

Tanto más alto será el valor biológico de la proteína alimentaria cuanto más se aproxima en su constitución a las del organismo animal y sus producciones.

Por lo anteriormente citado las proteínas de origen animal presentan un coeficiente de utilización más elevado que las de origen vegetal.

De esta forma el proceso necesario para operar la síntesis es más simple si se parte de proteínas animales que si se trata de protidos vegetales, siendo al mismo tiempo menores los residuos nitrogenados, en el primer caso que en el segundo.

El valor biológico pudiera definirse por la capacidad de una proteína para sustituir la que ha sido destruida por el organismo, en su funcionamiento o para formar la de una determinada producción. Si una proteína tuviese la misma composición que la proteína endógena destruida se establecería el equilibrio nitrogenado administrando la cantidad igual a la destrucción de aquella y se hablará de un valor biológico de 100.

Si por el menor contenido en aminoácidos se requiere de la proteína alimentaria el doble de la destruida, entonces su valor biológico será solamente de 0.

Las proteínas de bajo valor biológico pueden elevar éste mediante la unión con proteínas de diferente procedencia con lo que el valor biológico del conjunto se aumenta.

Es por ello que los efectos carenciales cualitativos no deben constituir una obsesión en la práctica de la alimentación, ya que cuando en la ración entran a formar parte tres, cuatro o más alimentos diferentes sobre todo residuos de origen animal, podemos tener la casi completa seguridad de que se han puesto a disposición del organismo cuantos aminoácidos pueden serle necesarios para su normal funcionamiento.

Para determinar el valor biológico (VB) de las proteínas se hace un balance de nitrógeno donde se miden:

N ingerido : Na

N en heces : Nf

N en orina : Nu VB=  $\frac{Na - (Nf + Nu)}{Na - Nf} \times 100$  valor biológico

Na- Nf

Aparente

Es ya conocido que parte del N en heces (Nf está constituido por N fecal metabólico (Nfm y que el N en orina/ Nu/ está contenido también el N endógeno urinario (Neu).

La presencia en las heces o excretas y en la orina de una cantidad de N que no proviene directamente del N en el alimento (Na) ha sido demostrado, porque cuando se alimenta a los animales con una dieta libre de N siguen, emitiéndose cantidades de este nutriente tanto en la excreta como en la orina. Esta ha sido la base para cuantificar las cantidades de Nmf y Neu.

Al excluir el Nmf de las excretas y orina respectivamente de la forma enunciada anteriormente permite obtener una valoración más exacta del valor biológico de las proteínas.

De este modo la fórmula quedaría.

$$VB = \frac{Na(Nf - Nmf) - (Nu - Neu)}{Na - (Nf - Nmf)} \times 100$$

Esta es la fórmula empleada normalmente para calcular los valores biológicos, al VB calculado en la 1era. ecuación se le llama VALOR BIOLOGICO APARENTE.

### Aspectos a tener en cuenta para determinar el VB

Al calcular el VB debe tenerse en cuenta que la proteína de la dieta esté constituida en todo lo posible por la proteína que se estudia.

Ha de garantizarse un consumo de proteína lo suficiente como para que permita una adecuada retención de nitrógeno.

No debe excederse a la cantidad necesaria para la retención máxima, pues sobrepasada en este nivel hay un catabolismo de aminoácidos que hace disminuir el VB que se determina.

La dieta debe cubrir los requerimientos en los demás nutrientes.

El animal necesita los aminoácidos adsorbidos para la síntesis de proteínas orgánicas. La eficacia con que se realiza esta síntesis depende en parte, del grado de semejanza que guarda la proporción de aminoácidos

adsorbidos con la proporción en que se encuentran esos aminoácidos en las proteínas del organismo.

La capacidad de los animales para almacenar aminoácidos es muy reducida y cuando un aminoácido no es necesario para la síntesis inmediata de proteína es metabolizado y transformado en un aminoácido no esencial o bien es utilizado con fines energéticos.

Como los aminoácidos esenciales no pueden ser sintetizados en el animal, un desequilibrio de estos en la dieta da lugar a un desaprovechamiento.

Las proteínas alimenticias que contienen un exceso o una deficiencia de cualquier aminoácido suelen tener un VB bajo.

Ejemplo:

Vamos a considerar las proteínas alimenticias a dos fuentes

— La fuente A es rica en metionina y pobre en lisina

— La fuente B es pobre en metionina y rica en lisina .

Si le damos separadamente ambas, se obtiene un valor VB bajo, pero si las damos mezcladas se obtiene un VB bueno por que hemos logrado una proporción adecuada de aminoácidos esenciales .

En este caso ambas fuentes proteicas se complementan.

### **Balance de los minerales**

La técnica de balance se emplea también para determinar la disponibilidad de minerales en los alimentos.

Se realiza de forma similar al balance de nitrógeno. Sin embargo en este caso resulta muy difícil determinar separadamente en los productos de excreción los minerales no provenientes del alimento. Por esto el balance que suele darse es aparente. Sin embargo para muchos de ellos esta apreciación de la utilización de los minerales por el balance aparente carece de valor, porque bien, una parte de los minerales sobrantes del organismo son excretados en la orina o en las heces, En este caso se hace necesario separar ambas fracciones: Minerales provenientes del alimento y no provenientes del alimento.

El desarrollo alcanzado en la utilización de isótopos marcados, ha permitido determinar por separado ambas fracciones, permitiendo conocer las retenciones reales de minerales en el organismo animal.

## **Balance de energía**

Debemos considerar el balance energético como la relación existente entre la cantidad total de energía ingresada en el organismo con los alimentos y la eliminada en todas las transformaciones y funciones fisiológicas.

Muchos compuestos digestibles de los animales producen sustancias residuales que, como el metano y la urea todavía son combustibles y contienen calor, si se quiere obtener el calor, útil de las sustancias digeridas, es indispensable restar del calor total que representan tales sustancias el calor que aún contienen los residuales eliminados.

Para la realización de un balance energético se siguen los siguientes pasos:

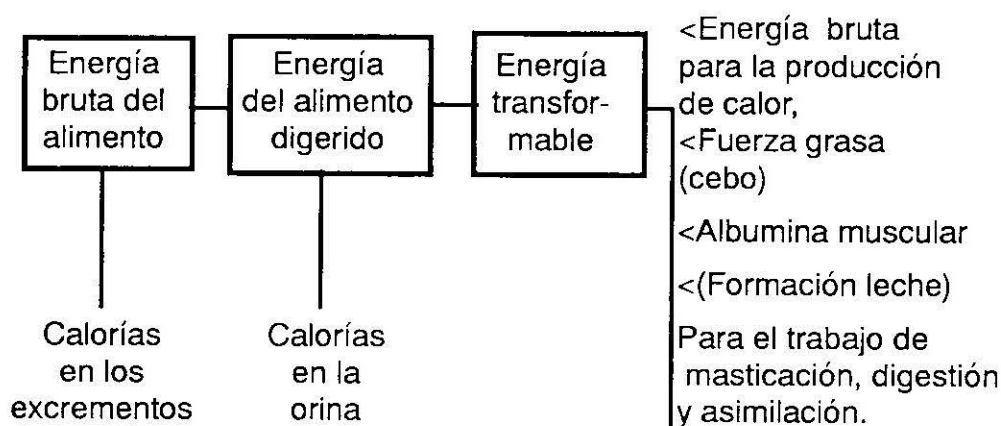
Determinar la energía total de los alimentos ingeridos. Restar del resultado anterior la energía correspondiente a las heces. Esta diferencia representa los alimentos digeridos.

Al valor anterior restar el valor calórico perdido en los gases intestinales y en los elementos que forman la orina para obtener de esta manera la energía aprovechable de la alimentación digerida, es decir el valor útil fisiológico del alimento.

Hay que considerar además, que el organismo animal consume parte de la energía en los trabajos de masticación, digestión etc. su cuantía dependerá de las características de los alimentos, especialmente de su contenido en fibra bruta. La energía consumida para estos fines se transforma en este caso en calor, y solo en esta forma puede aprovecharse; de aquí que se le denomine energía térmica. El resto es aprovechable como energía neta, pudiendo servir para la producción de fuerza, grasa, carne, leche y huevo; es ya energía de producción.

Suponiendo que un animal ingiera bastante alimento de modo que no tenga que recurrir a sus principios de reserva, se puede expresar el recambio de energía en el cuerpo del animal por la representación esquemática siguiente:

### Calorías en los gases intestinales



### 7.7 Distribución de la energía en los procesos corporales

Los animales emplean la mayor parte de los nutrientes orgánicos como materiales para la construcción de los tejidos y la síntesis de productos tales como leche y huevos y también como fuente de energía para el trabajo que han de realizar. La característica común de todas estas funciones es que en todas ellas hay demanda de energía, por lo tanto el valor nutritivo de un alimento viene dado por su capacidad para producir energía.

El animal que come, utiliza la energía procedente del alimento ante todo para procesos de mantenimiento del organismo evitando así el catabolismo de los tejidos animales.

Estas actividades de mantenimiento son trabajo mecánico de la actividad muscular esencial, trabajo químico (movimiento de sustancias contra gradientes de concentración, síntesis de constituyentes orgánicos, tales como enzimas hormonales).

Cuando el animal no come, ésta energía la obtiene a partir del catabolismo de las reservas corporales en primer lugar del glucógeno y luego de las grasas y proteínas.

Cuando el animal utiliza la energía química del alimento para su mantenimiento, este no realiza ningún trabajo externo y la energía empleada de este modo se convierte en calor el cual sirve para mantener la temperatura corporal.

La energía que excede a la necesaria para el mantenimiento se utiliza para las distintas formas de producción.

**Crecimiento.** El animal joven almacena energía en las proteínas de sus nuevos tejidos.

**Engorde.** Se almacena la energía en forma de grasa.

Producción de leche. Lana, huevos, etc. Realización de trabajo muscular.

En conclusión vemos que el animal utiliza la energía del alimento para sus procesos de mantenimiento (indispensable para la vida) y el excedente para el proceso de producción.

El calor producido durante el mantenimiento (animal en ayunas) y que puede ser medido bajo condiciones especiales se le conoce con el nombre de METABOLISMO BASAL.

### **7.7.1 Categorías de energía**

#### **La energía bruta de los alimentos**

El animal obtiene la energía a partir de su alimento. La cantidad de energía química que posee un alimento se determina convirtiéndola en energía calórica, midiendo el calor producido. Esta conversión se realiza oxidando el alimento por medio de la combustión.

La cantidad de calor que resulta de la oxidación completa de la unidad de peso de un alimento se conoce como energía bruta o calor combustible de aquel alimento. El EB se mide en una bomba calorimétrica. Esta puede emplearse para medir la EB de los tejidos de los animales y para los productos de excreción.

#### **Energía digestible (ED)**

La determinación de la EB es un dato poco exacto para conocer realmente la energía utilizable por el animal, pues no tiene en cuenta las pérdidas que tienen lugar durante la digestión y el metabolismo.

La primera pérdida que hay es la ocasionada por la EB que contienen las heces, la energía digestible aparente de un alimento es su energía total menos la energía contenida en las heces procedentes de esa toma de alimentos.

#### **Energía metabolizable (EM)**

El animal sufre posteriormente pérdidas de materias que contienen energía como la orina y en el caso de los ruminantes los gases que abandonan el tracto digestivo.

La EM es la ED menos la que se pierde por la orina y gases. La energía de la orina está en las sustancias nitrogenadas fundamentalmente. Los gases que abandonan el rumen están casi exclusivamente formados por Metano.

La EM se determina con ensayos similares a los de digestibilidad.

### **Factores que afectan los valores de EM de los alimentos**

La pérdida más importante es la que se realiza por las heces, ésta es el doble o más de la que se pierde por la orina y metano.

De esto se desprende que los principales factores que afectan a la digestibilidad de nutrientes son los mismos que afectan los valores de EM del alimento.

El valor de EM de un alimento varía con la especie animal que lo consume, en los Monogástricos las pérdidas por  $\text{CH}_4$  son despreciables, por eso en estos los valores de EM para un alimento aparecen más altos que en los rumiantes a pesar de haber sido digeridos en un grado similar.

El valor de EM de un alimento puede variar según que los aminoácidos que contienen sean retenidos por el animal para su síntesis Proteica o sean desaminados, y el nitrógeno sea excretado a través de la orina.

### **Incremento térmico de los alimentos**

Después de la toma de alimento el animal no sólo pierde la energía química contenida en sus excretas sólidas, líquidas y gaseosas, sino también en forma de calor.

El animal constantemente está produciendo calor, que pasa al medio que lo rodea (radiación, convección, evaporación de agua). Si a un animal sometido a ayuno se le da comida, en el espacio de pocas horas su producción de calor aumentará por encima del nivel representada por el metabolismo basal. Este incremento se conoce con el nombre de incremento térmico constituyendo una pérdida (la causa es la ineficiencia energética de las reacciones por lo que los alimentos adsorbentes son metabolizados, la oxidación de la glucosa para formar ATP tiene una eficiencia de 44% (el 56% se pierde). Los procesos de la digestión también constituyen el incremento térmico. Este requiere un gasto de energía con la consiguiente formación de calor.

La actividad de los microorganismos del rumen origina también cierta cantidad de calor que se conoce como calor de fermentación, se calcula que asciende del 5 - 10% de la EB del alimento

### **Energía neta (EN) y retención de energía**

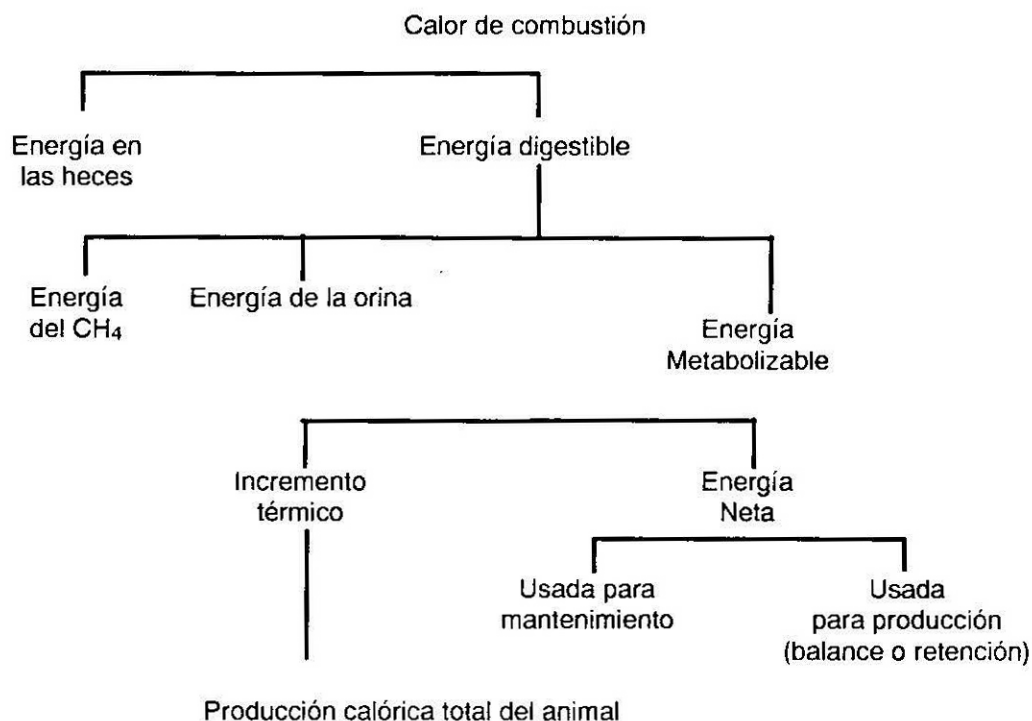
Cuando a la EM de un alimento restamos el incremento térmico nos queda la energía neta (EN) la energía neta de un alimento es aquella que el animal puede emplear para fines útiles (mantenimiento y distintas formas de Producción).



La EN que se emplea para el mantenimiento se usa sobre todo para producir trabajo y abandona el organismo en forma de calor. La empleada para el crecimiento, engorde o producción de leche, huevos, lana, se almacena en el organismo, lo abandona en forma de energía química y se le conoce con el nombre de retención de energía del animal.

Veamos el siguiente esquema: Distribución de la energía del alimento en el animal.

## ENERGIA BRUTA



### 7.7.2 Métodos para determinar el balance de energía

La producción de calor se puede determinar directamente por métodos físicos, empleando un calorímetro animal, lo que se conoce como calorimetría directa. Puede conocerse también el intercambio respiratorio del animal para lo que se usa una cámara de respiración lo que se conoce como calorimetría indirecta.

### Cociente respiratorio

El cociente respiratorio es la proporción de dióxido de carbono (exhalado) en relación con el oxígeno (inhalaado), el cual cambia según la dieta del animal.



Se han establecido equivalentes térmicos para determinado consumo de oxígeno de acuerdo con el tipo de ingrediente que se consuma (grasa o carbohidratos).

Existen tablas que según el cociente respiratorio (RQ) que se determine en el animal permite conocer que porcentajes de grasa o carbohidratos fueron oxidados. Por ejemplo un RQ de 0.9 indica la oxidación del 67.5 por ciento de carbohidratos y 32.5 por ciento de grasa y el equivalente de oxígeno para tal mezcla es de 4.924 Kcal por litro.

La cantidad de proteína catabolizada puede calcularse a partir de la excreción urinaria de nitrógeno, sabiendo que por cada gramo de proteína se excretan 0.16 grs. de nitrógeno (Un gramo de proteína aporta aproximadamente 4.5 Kcal).

Tyler C. señala un:

- RQ de 1.0 cuando se están oxidando los carbohidratos.
- RQ de 0.7 para la oxidación de las grasas.
- RQ de 0.8 para la oxidación de las proteínas.
- RQ mayor de 1, para cuando los carbohidratos se están transformando en grasa.

Esta determinación del  $O_2$  y del  $CO_2$  se hace en las cámaras respiratorias.

Las cámaras respiratorias consisten en esencia de un recipiente cerrado herméticamente donde se pone al animal, que lleva dispositivos que permiten alimentarle y darle agua (e incluso ordeñarse) y recoger la orina y las heces sin que el aire del interior se mezcle con el atmosférico.

Determinado el intercambio de oxígeno y  $CO_2$  se puede calcular el cociente respiratorio para la determinación de la energía producida por el animal.

### **Balance Carbono Nitrógeno**

Cuando al mismo tiempo que el balance de nitrógeno que mide los cambios de proteína, se hace el balance del carbono, este proporciona la ampliación de los datos necesarios para conocer la ganancia o pérdida de grasa.

Esto se basa en que el carbono orgánico se halla casi por completo en forma de proteínas y grasa y no se toma en cuenta la pequeña cantidad de glucógeno del organismo pues las variaciones de este componente son tan pequeñas que no tiene importancia en condiciones normales de alimentación.

Para realizar los cálculos se tiene en cuenta el porcentaje de nitrógeno de la proteína del animal en cuestión, así como los porcentajes de carbono para las proteínas y las grasas del mismo animal. Así, partiendo del balance de nitrógeno se calcula la cantidad de carbono proteico ganado y restando ese valor del total de carbono ganado, la diferencia representa el carbono ganado en grasas, del cual se deduce el aumento de grasa.

La energía retenida, se puede calcular entonces multiplicando la cantidad de nutrientes almacenados por su valor calórico.

### **Metodo de matanza comparativa**

Una determinación exacta del valor energético de los alimentos requiere la medición de la cantidad real de energía retenida por el animal o producción en forma de un producto útil o la medida de todos los tipos de pérdida de energía.

Es corriente el ensayo de alimentación que culmina con el sacrificio del animal cuando se trabaja con animales de laboratorio. De esta forma se elimina cualquier duda en relación con la determinación del aumento o pérdida de peso. Se puede analizar el cuerpo en conjunto, como uno o varios órganos específicos.

El método de matanza comparativa se utiliza para determinar el valor de la energía neta de los alimentos con relación al cebamiento. La energía retenida por el animal se determina hallando la diferencia de la energía corporal total del grupo de animales sacrificados antes y después de un período de alimentación. O sea que se selecciona un grupo de animales sacrificando algunos al comienzo del experimento para establecer valores básicos y sacrificar el resto al final del experimento.

Mediante este sistema ha sido posible obtener una cantidad considerable de datos valiosos, aunque debido a su alto costo se usa muy poco con animales grandes.

### **Standars de alimentación. El National Research Council (NRC) Nutrient Requeriment**

El comité sobre Nutrición Animal de la Academia de ciencias de Estados Unidos —National Research Council— trabaja en el sentido de establecer una nomenclatura sistemática de los alimentos, y que se adapte a la codificación para permitir el tratamiento mecanizado de datos para tabulaciones específicas y que además posea utilidad internacional.

El NRC publica tablas de composición de los alimentos que sirven para la industria de la alimentación animal y para los profesionales en ganadería.

Las razones que motivan los esfuerzos encaminados a reunir la composición de nutrientes que presentan los alimentos se explican debido a que:

- No se conoce ningún alimento que sea completo nutritivamente o equilibrado para las necesidades de un determinado animal.
- Muchos alimentos presentan sustancias no deseables que pueden interferir en el aprovechamiento de los componentes deseables o que incluso pueden resultar tóxicos para un determinado animal.
- Los alimentos difieren mucho en cuanto a su composición química, existencias y costos.
- Para preparar raciones apropiadas nutritivamente al mínimo costo fisiológico, se precisa un conocimiento específico tanto de los aspectos positivos como negativos de los alimentos que podrían incluirse en la mezcla que se intenta preparar.

Además, al establecer una nomenclatura para identificar los alimentos se elimina el hecho de que un mismo producto reciba varios nombres según criterios locales. En la mayoría de las ocasiones los nombres corrientes de los alimentos proporcionan poca información sobre su importancia nutritiva, no porque se ocultan los hechos de una manera deliberada, sino porque no se ha reconocido la utilidad potencial de dicha información como parte del nombre, tanto para el comercio de los alimentos como para el usuario final del producto. Más aún cuando dos personas entablan una discusión sobre alimentos deberán tener la seguridad de que están hablando del mismo alimento no sólo deberá ser único el nombre oficial de cada alimento sino que las palabras o términos empleados para su denominación deberán tener significados constantes.

Hay que señalar que el NRC también elabora tabla de requerimientos para los distintos animales de acuerdo con su categoría, producción y estado, que unido a las tablas de composición de alimento permiten efectuar los cálculos para la preparación de raciones que satisfagan las necesidades de los animales, mezclando para ello diferentes productos.

## **VIII.**

# **LOS ALIMENTOS**

## VIII. LOS ALIMENTOS

✓ El funcionamiento adecuado del organismo animal exige el aporte, a través de los alimentos, de un numeroso grupo de elementos. Estos elementos, además de figurar en cantidades adecuadas **para cubrir las necesidades orgánicas** (energética, proteicas, mineralo-vitamínicas), deben guardar entre sí relaciones **que garanticen un equilibrio adecuado en el suministro de nutrientes** que el organismo utiliza para las diferentes producciones (leche, carne, huevos, etc.).

Es muy difícil encontrar un alimento en forma natural que pueda denominarse completo, pues la mayor parte de ellos presentan particularidades específicas, debidas a su riqueza en ciertos elementos y a su deficiencia en otros. Es por ello que la combinación racionada y proporcionada de los unos con los otros puede permitir que se llegue a la formación de una mezcla que sea capaz de satisfacer todas las necesidades del mantenimiento y la producción animal.

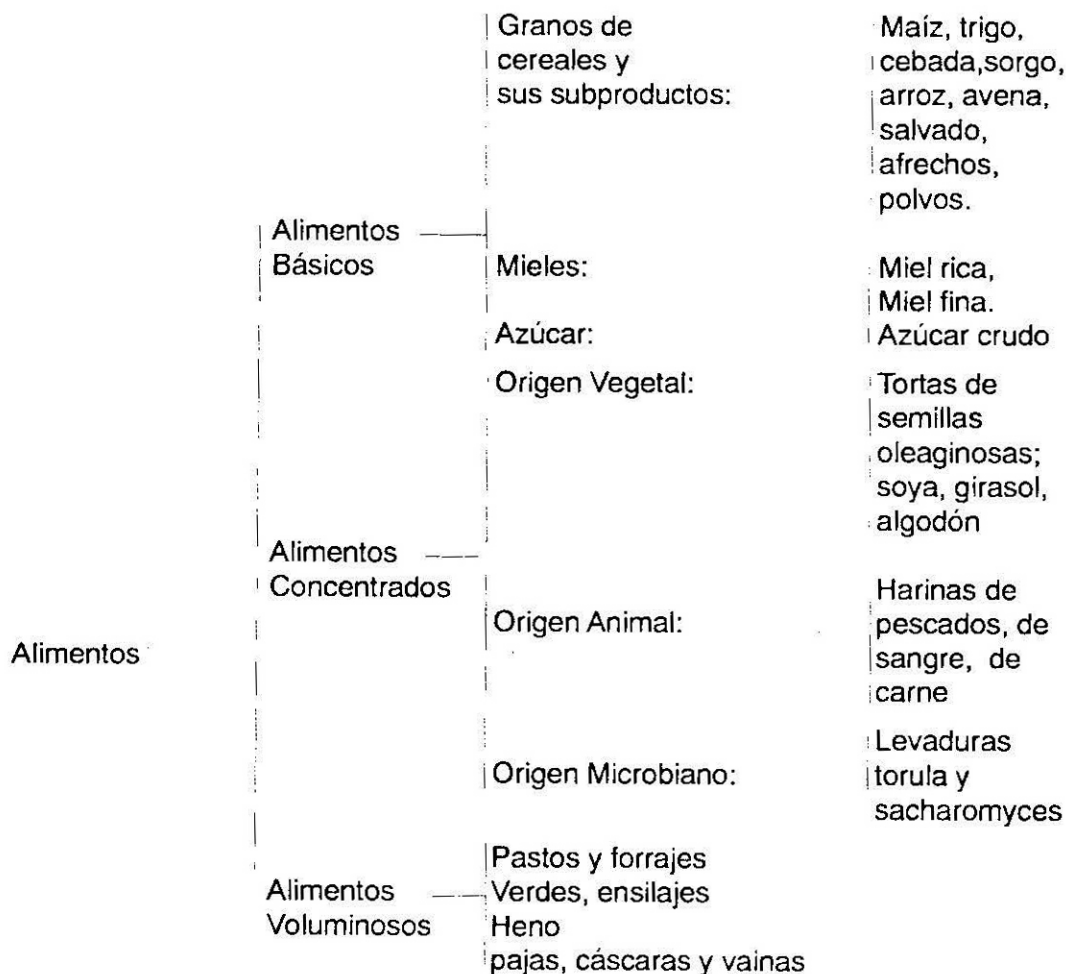
### Concepto de alimento

- ✓ Este término es sinónimo de pienso, alimento natural y forraje. Sin embargo tiene un sentido más amplio ya que comprende todas aquellas materias que pueden incluirse en la dieta en concordancia con sus propiedades nutritivas.
- ✓ El término alimento comprende no sólo los productos vegetales y animales y los subproductos preparados con ellos sino además sustancias nutritivas puras, sintetizadas químicamente o producidas por cualquier otro procedimiento que se mezclan como suplemento con los alimentos naturales.

Por todo lo anterior podemos más exactamente definir a un alimento diciendo **que es cualquier producto, sea de origen natural o artificialmente preparado, que utilizado adecuadamente en la dieta tiene poder nutritivo.**

### 8.1. Clasificación de los alimentos

Dada la diversidad de origen, naturaleza, propiedades, composición, utilización, etc., de los alimentos se han establecido varias clasificaciones. Vamos a estudiar aquella que agrupa un conjunto de condiciones y propiedades de utilidad, no sólo desde el punto didáctico, sino también zootécnico-productivo.



### 8.2. Alimentos voluminosos

Llamamos alimentos voluminosos o no concentrados a los que contienen más del 18% de fibra bruta. Estos alimentos son consumidos preferentemente por los rumiantes y otros animales herbívoros, a los que proporciona volumen, energía y proteína.

La energía utilizable o disponible es el principal factor limitante del valor nutritivo de los alimentos voluminosos. Si se consumieran por los animales

en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos de energía, esa misma cantidad ingerida cubriría con creces las necesidades de proteína.

Dentro de la categoría de alimentos voluminosos se incluyen, además de los pastos y forrajes, otros grupos de alimentos que poseen un escaso valor nutritivo, como son la paja de los cereales, las cáscaras, bagazo, bagacillo, etc., que tienen un uso muy limitado, principalmente por su reducidísimo valor energético.

Los alimentos voluminosos se caracterizan por su riqueza en celulosa, hemicelulosa y lignina, que forman la fracción FB, muy variable en su proporción. Además pueden contener alta proporción de azúcares. Su valor nutritivo estará limitado por el grado de lignificación de la celulosa, lo que determina la magnitud de la digestibilidad de la MS.

### Pastos y forrajes

Los pastos y forrajes constituyen el alimento natural de los herbívoros. Integran la fuente alimenticia de mayor disponibilidad y menor costo para dicha categoría de animales.

Un buen pasto puede proporcionar el alimento más económico para los vacunos, ovejas, caballos, conejos e incluso puede ayudar en la alimentación de los cerdos y las aves.

En los países tropicales este alimento toma especial valor ya que puede cosecharse durante todo el año.

Dentro de la denominación de pastos y forrajes se incluye un elevado número de gramíneas y leguminosas.

Integran la **categoría de pastos**, aquellas plantas que son capaces de rebrotar después de haber sido cortadas por el diente del animal o por el filo de la segadora. Por esa condición de rebrotar, estas plantas reciben el nombre de **pratenses**. Ejemplo: guinea, pangola, bermuda.

Se denomina forraje la planta sea o no pratense **que se corta y se suministra** a los animales en los establos o lotes, ejemplos: taiwán, guinea, maíz, sorgo, etc. algunas plantas forrajeras no son pratenses.

Los pastos pueden ser **naturales o cultivados**. Los primeros no han sido sembrados por el hombre y por lo general no reciben atenciones culturales. Los segundos son sembrados y se cultivan, por lo que son de mejor valor nutritivo y presentan mayor rendimiento.

La calidad de los pastos y forrajes viene dada por su valor nutritivo, por su palatabilidad y por su efecto sobre la producción animal y la salud. Fundamentalmente el valor nutritivo está determinado por la composición de nutrientes y por la digestibilidad.



Ambos elementos serán determinados por múltiples factores como son: edad, relación hoja-tallo, fertilidad del suelo, fertilización, disponibilidad de agua, etc. Otro factor lo constituye la palatabilidad.

### Características nutritivas de los pastos y forrajes de gramíneas.

**La composición de la MS** de los pastos y forrajes es muy variable, **oscila entre 15 y 25%** pero en algunos casos puede llegar al 35% y más cuando las plantas han madurado demasiado. Un tenor muy bajo de MS no es recomendable por factores económicos (bajo rendimiento por área) y factores nutritivos (desequilibrios entre los nutrientes que ejerce efecto laxante). El contenido de proteínas es variable, en pastos y forrajes muy maduros es de un 3% y hasta un 30% en una gramínea joven y fertilizada. Cuando la planta es tierna contiene un nivel alto de sustancias nitrogenadas no proteicas (NNP), especialmente aminoácidos y amidas, pudiendo alcanzar esta fracción el 15-25% del total del nitrógeno variando con la edad y el crecimiento.

La relación hoja-tallo influye sobre el contenido total de proteínas. Las hojas pueden acumular hasta un 25%, mientras que el tallo de la misma planta sólo alcanza un 16%.

### El contenido de FB

La fibra bruta guarda una relación inversa con el contenido de proteína y puede variar entre 20-40%. La celulosa es el mayor constituyente de la pared celular de las plantas y su concentración en las gramíneas aumenta con el grado de madurez (20-30%). La hemicelulosa oscila entre 10 y 30%. Esto mismo ocurre con la lignina, pero el efecto es cualitativamente distinto pues se disminuye gradualmente la digestibilidad de los nutrientes. El contenido de lignina varía en las gramíneas entre 6 y 12%.

Los pastos y forrajes contienen buenas cantidades de carbohidratos en forma de azúcares, variando su concentración total entre 4 y 30%; existe una relación directa entre la presencia de azúcares y la PB, por esto en una planta se pueden encontrar distintas relaciones (Cuadro 5).

Cuadro 5  
Relaciones de azúcares solubles y PB en gramíneas

TOTAL DE AZÚCARES SOLUBLES (%)	TOTAL DE PROTEÍNA BRUTA (%)
25,5	8,3
9,1	16,9
6,0	24,9
7,2	26,1
7,1	25,3
5,8	24,3



El contenido en grasa de los pastos y forrajes en general es bajo, raramente sobrepasa el 4% de la MS. El 80% de los ácidos grasos son insaturados (linoléico y oléico).

Los pastos jóvenes con gran desarrollo foliar son ricos en vitaminas y en especial la provitamina A (caroteno). Además contienen cantidades apreciables de ergosterol (provitamina D), vitamina E en pequeñas cantidades y buenas cantidades de vitaminas del complejo B, excepto la B<sub>12</sub>.

**Cuadro 6**  
Contenido de los principales elementos minerales  
en los pastos y forrajes (% de la MS)

ELEMENTO	TENOR NORMAL	TENOR BAJO	TENOR ALTO
K	1,2 - 2,8	menor 1	mayor 3
Ca	0,4 - 0,8	menor 0,3	mayor 1
Mg	0,12 - 0,16	menor 0,1	mayor 0,3
P	0,20 - 0,35	menor 0,2	mayor 0,4

### Factores que influyen sobre el valor nutritivo de los pastos y forrajes

Los más importantes son:

#### a) Estadío o ciclo vegetativo

Es el más importante. A medida que la planta crece necesita mayor cantidad de tejidos de sostén, aumentando con ello el contenido de carbohidratos estructurales y disminuyendo el contenido de proteínas y minerales. La variación en la composición nutritiva, depende de la especie de la planta y de la época del año entre otros factores. Es ya conocido que uno de los principales factores que determinan el valor nutritivo de los pastos es la digestibilidad de la materia orgánica (MO). En gramíneas tiernas puede llegar al 80% y descender hasta el 50% cuando la planta está madura.

Hasta el momento de la floración la digestibilidad se mantiene casi constante para después decrecer bruscamente a razón de media unidad por día transcurrido. Al disminuir la digestibilidad disminuye el consumo de MS, puesto que aumenta el volumen con el incremento de la concentración de FB en el alimento. Las diferencias se pueden resumir como sigue:

	HIERBA JOVEN	HIERBA MADURA
PROTEINAS	RICA	POBRE
LISINA	RICA	POBRE
DIG. DE LA MS	ALTA	BAJA
CONSUMO DE MS	ALTO	BAJO
Ca Y FOSFORO	RICAS	POBRE
VITAMINAS	RICA	POBRE

### b) Fertilidad del suelo

El nivel de minerales dentro de un pasto depende particularmente de su disponibilidad en el suelo. En el caso de elementos como N, Ca, P, H, Mg, S, etc., un bajo nivel en el suelo se refleja en una reducción de la productividad en general y ciertos constituyentes en particular como las proteínas.

La aplicación de fertilizantes puede elevar el contenido de minerales de los pastos y el de proteínas.

Merece especial atención la fertilización nitrogenada, pues produce un incremento de la PB de la MS y además incrementa la producción de MS por área al acelerar el crecimiento de la planta. Veamos un ejemplo muy general del efecto que tiene la fertilización sobre la composición de un pasto tropical (Cuadro 7).

Cuadro 7  
Efecto de la fertilización sobre la composición del pasto guinea  
(% de la MS)

TRATAMIENTO	PROTEÍNA	Ca	P
SIN TRATAMIENTO	4,8	0,79	0,12
200 Kg. N = 250 Kg. super fosfato Ca	8,5	0,99	0,16
380 Kg. N = 250 Kg. super fosfato Ca	9,2	1,10	0,20
400 Kg. N = 250 Kg. super fosfato Ca	10,7	1,10	0,22

Fuente de N: Sulfato de Amonio.

### c) clima

Los pastos tropicales se diferencian en contenido de nutrientes con los de las regiones frías. Las altas temperaturas provocan una activa fotosíntesis que trae como resultado una mayor dilución del nitrógeno y minerales asimilables del suelo y por consiguiente los pastos resultan más bajos en concentraciones de proteínas y cenizas.

### d) Otros factores

Manejo, un manejo inadecuado puede provocar un cambio en la composición botánica, facilitando el surgimiento de especies indeseables que son por lo general de bajo valor nutritivo.

### Otras plantas forrajeras

El maíz es usado como forraje de corte en países tropicales, pero su popularidad va decreciendo por la mayor productividad de los pastos permanentes. Su potencial en aporte de nutrientes por área es alto, siempre que se disponga de fertilización y riego en la época seca. Es un material de buenas características para ensilar.

## Caña de azúcar

El valor nutritivo varía con la madurez (contenido de azúcar) de la planta, es un material con alto contenido en fibra y pobre en proteína.

## Gramíneas y leguminosas en Nicaragua

En Nicaragua se conocen los principales géneros de gramíneas: *Cynodon*, *Pennisetum*, *Brachiaria*, *Digitaria*, *Hyparrhenia*, *Andropogon*, *Dichanthium*, *Echinochloa*, *Cenchrus*, *Chloris*, existen otras que han sido reportadas y que crecen espontáneamente: *Paspalum notatum*, *Conjugatum*, *Axonopus compressus* y *Melinis minutiflora*.

En lo concerniente a leguminosas se sabe de: El Kudzú, Gandul, Centro, Dolichos, Frijol de vaca, Clitoria, Soya perenne, Leucaena, Maní, Siratro, *Stylosanthes guianensis*, *Vigna vexilata* y Alfalfa.

Cuadro 8  
Composición bromatológica de tres leguminosas en Nicaragua (%).

TIPO PASTO	# Análisis	VERANO			# Análisis	INVIERNO		
		M. S	# Análisis	PB		M.S	# Análisis	PB
Leucaena	6	27,1-34,3	6	22-25,6	1	29,8	1	30,96
Dolichos	2	18,9-59,5	3	12,3-19,2	-	-	-	-
Gandul	1	34,5	1	12,3	-	-	-	-

Fuente: Laboratorio Bromatología U.N.A. (1992)

**Cuadro 9**  
**Variación de la composición bromatológica de las**  
**principales gramíneas en Nicaragua (%)**

TIPO PASTO	V E R A N O				I N V I E R N O			
	# Análisis	M. S	# Análisis	PB	# Análisis	M.S	# Análisis	PB
Estrella	23	21,8-46,62	9	3,3-15,83	6	21,5-46,9	47	2,7-12,2
Taiwan	21	12,6-35,16	37	3,9-17,6	32	11,3-38,8	21	4,5-18,61
Sorgo forrajero	1	39,35	9	4,1-14,5	31	11,6-37,9	34	4,2-21,2
Jaragua	4	25,65-50,49	3	2,9-5,2	9	19,17-32,57	5	3,1-9,45
Colonial	4	20,29-40,9	3	8,4-12,57	8	17,67-45,7	2	3,5-5,8
Guinea	6	22,77-39,35	6	5,5-8,85	4	19,8-23,9	1	5,33
Napier	2	34-46	2	2,8-3,2	1	33,7	-1	4,20-
Angleton	4	22,42-42,09	5	4,3-9,6	3	19,85-29,2	2	7,7-8,8
Pangola	-	-	4	6,0-13,4	-	-	4	7,6-11,0
Gamba	4	21,62-37,42	5	5,8-12,89	5	21,66-29,0	-	-
B. humidicola	1	28,87	1	6,9	-	-	-	-
B. mutica	3	24,35-41,15	3	5,7-8,6	-	-	-	-
KiKuyo	1	17,6	1	9,25	4	12,16-13,33	4	12,65-14,18
Aleman	-	-	-	-	4	16,3-20,9	4	5,9-11,9
Rhodes	2	28,38-24,19	2	7,0-7,1	3	19,64-29,5	2	6,2-11,2
Buffel	2	30-43,063	2	4,9-7,5	2	24,3-24,8	-	---

Fuente: Laboratorio Bromatología U. N. A. (1992)

### 8.3 Alimentos básicos o energéticos

Estos alimentos son fuentes concentradas de energía, por su riqueza en carbohidratos solubles como el almidón y los azúcares. Se consideran concentrados energéticos aquellos que no exceden del 16% de PB ni más del 18% de FB.

No todos los concentrados energéticos poseen iguales características, su principal diferencia está determinada por la digestibilidad de su energía la cual depende en definitiva del contenido en FB del concentrado energético.

Por sus características energéticas estos alimentos pueden constituir del 60-90% de las mezclas industriales (piensos), para la mayoría de las especies animales, de ahí la importancia de los alimentos que componen este grupo.

#### **Alimentos concentrados (los cereales)**

##### **Características generales y particulares**

Algunas especies de gramíneas se cultivan con el propósito de obtener sus granos o semillas. Estos granos son denominados cereales.

Los principales cereales son: Trigo, Maíz, Avena, Cebada, Arroz, Centeno y Sorgo.

Los cereales presentan características estructurales similares, sin embargo cada uno de ellos presenta sus propias características nutritivas, dependiendo esto de la cantidad y propiedad de los principios nutritivos que contienen.

Aunque presentan las diferencias nutritivas antes mencionadas, no son tan amplias como en otros tipos de alimentos, por lo que se pueden considerar con una composición media aproximada.

La composición típica de los principales granos de cereales se da en el (Cuadro 10).

Cuadro 10  
Composición típica de los granos de cereales (%).

CEREALES	M.S	P.B	GRASA	E.L.N.	F.B.	CENIZA	Mcal/KgMS
TRIGO	87	12	2	69	2	2	3,06
MAIZ	87	10	4	69	2	1	2,83
AVENA	87	10	5	58	10	3	2,48
CEBADA	85	10	2	66	5	3	2,71
SORGO	89	10	4	71	2	2	2,80

La calidad de la proteína de los cereales es baja, los principales aminoácidos que limitan su valor biológico son lisina, metionina y el triptófano.

Cuadro 11  
Contenido de aminoácidos esenciales de los cereales  
(% del peso del cereal)

AMINOACIDO	CEBADA	AVENA	TRIGO	MAIZ	ARROZ	CENTENO
LISINA	0,26	0,37	0,28	0,22	0,33	0,48
METIONINA	0,21	0,23	0,22	0,22	0,17	0,18
TRIPTOFANO	0,15	0,10	0,13	0,08	0,12	0,18

El almidón constituye la mayor parte de los carbohidratos de los cereales su proporción puede variar entre 60-70% del total de la MS, este alto contenido de almidón es lo que determina su elevado valor energético, el cual puede variar entre 2,5 y 3,3 Mcal. de EM/Kg M. S.

El contenido medio de FB de los cereales es bajo, observándose una notable variación entre los distintos granos, determinado esto, por las características del tegumento. Los cereales como la avena y cebada contienen las mayores proporciones (avena de 10-11%, cebada de 5-6%),

siendo en cereales desnudos como el maíz y el trigo alrededor del 2,0%. La diferencia en el contenido de FB influye notablemente en el valor nutritivo de los cereales debido a su efecto sobre la digestibilidad de la MS.

Al mismo tiempo se observan diferencias en el valor de la digestibilidad de la FB en los diferentes cereales debido a diferentes grados de lignificación que presenta la fracción FB. Por ejemplo podemos citar lo siguiente:

La Avena	38% de digestibilidad
El Maíz	56% de digestibilidad
El Trigo	90% de digestibilidad

Los cereales tienen un pobre contenido en lípidos; pudiendo variar entre 2 y 5%. Las grasas se concentran fundamentalmente en el germen. La grasa de los cereales contienen una alta proporción de ácidos grasos insaturados, principalmente linoléico y oléico.

Los granos de cereales son todos muy pobres en calcio variando entre 0,1 y 0,05% destacándose mayor pobreza en el maíz. Por el contrario los granos son relativamente ricos en fósforo el cual varía en niveles de 0,3 a 0,4%. Una apreciable proporción del fósforo en los cereales se encuentra en forma de fitatos, por lo que tiene una baja utilización.

Los granos de cereales son deficientes en vitamina D, con excepción del maíz amarillo. Ninguno de ellos proporciona cantidades apreciables de provitaminas A. Son buenas fuentes de vitamina E y tiamina, pero pobres en riboflavina.

### **Trigo**

El grano de trigo es uno de los cereales de mayor valor nutritivo y se puede emplear para todas las categorías y especies animales. Los mejores resultados en la utilización del trigo se obtienen cuando no constituye el único cereal de la ración, pues cuando los animales lo consumen en exceso pueden sufrir trastornos digestivos en virtud de la elasticidad del gluten. Los granos de este cereal son pequeños y duros por lo que deben triturarse o molerse para mejorar la digestibilidad.

### **Maíz**

Está comprendido entre los mejores alimentos para todo tipo de animales. Constituye una excelente fuente de energía por su bajo contenido en FB y su elevado tenor de almidón. En general, el contenido proteico del maíz es inferior al de otros cereales teniendo éste un bajo valor biológico por su deficiencia en lisina y triptófano. Es muy apetecible por los animales, pudiendo constituir el único cereal de la dieta.

## **Avena**

La avena es un grano muy palatable para los animales y muy especialmente es recomendable para las dietas de equinos. Para especies monogástricas se recomienda su inclusión en niveles moderados debido a su alto contenido de fibra.

## **Cebada**

Es uno de los cereales más utilizados mundialmente en la alimentación animal para integrar dietas de concentrados debido a que contiene niveles necesarios, ni en exceso ni en defecto, de fibra (5%).

La cebada carece de caroteno, y vit. D. Es rica en niacina de la que contiene tres veces más que el maíz.

Es un grano de elevada palatabilidad pudiendo integrar más de un 50% de las dietas de los animales.

## **Sorgo**

Constituye un cereal que puede reemplazar a otros en los piensos destinados a los animales domésticos, aunque éstos se muestran menos propensos a aceptarlos debido a la dureza del tegumento y a un gusto menos agradable a causa de su contenido en tanino. Su composición nutritiva es similar a la del maíz con un contenido menor que éste en grasa.

Es preferible o recomendable suministrar el grano de sorgo molido aunque sea groseramente, especialmente para el ganado vacuno y caballar por que se evita que los granos, por pequeño tamaño, escapen a la masticación.

## **Subproductos de los cereales**

### **a) Salvado de trigo**

El término salvado de trigo o salvado simplemente se aplica a los tegumentos externos del grano que se separan de la harina mediante la molturación en los cernedores o tamices.

El salvado representa del 20 al 25% del volumen del cereal y aproximadamente el 15% de su peso. El contenido de PB varía entre 12 y 16%; la FB oscila entre 8 y 10%, proporcionando aproximadamente 2,5 Mcal de EM/Kg. MS. El contenido de ELN puede llegar al 50%.

Posee como característica esencial su elevado contenido en fósforo, pudiendo sobrepasar el 1% es un alimento muy apetitoso. Se puede incluir hasta en un 40% en las raciones.



Cuando se suministra sólo produce un efecto antidiarréico, pero amasado con agua caliente produce efecto laxante, recomendándose en la última forma, para las hembras próximas al parto.

### b) Afrecho y afrechillo de trigo

Después de la primera molturación y obtención del salvado, se procede a la desegregación de los tegumentos restantes que envuelven la almendra y que son particularmente de menor tamaño que el salvado, obteniéndose primeramente el afrecho o harinuela de segunda y posteriormente el afrechillo o harinuela de primera. Ambos subproductos están constituidos por pequeñas partes del tegumento unidos a partes del endospermo.

Por su valor nutritivo el afrecho y afrechillo ofrecen amplios campos de posibilidades de ser empleados en las raciones de los animales.

Vease la composición nutritiva aproximada en el siguiente cuadro:

Cuadro 12  
Composición bromatológica del afrecho y afrechillo.

ALIMENTO	MS %	PB %	GRASA %	FB %	ELN %	CENIZA %	EM, Mcal/ Kg MS
AFRECHO	89	18	3,5	11	63	4,1	2,4
AFRECHILLO	89	15	3,6	4,9	72	3,7	2,7

La utilización del afrecho y afrechillo en las raciones de los animales es similar a la del salvado, sin embargo, son preferiles para la alimentación de los animales jóvenes.

### c) Subproductos del arroz

En la preparación del grano para el consumo humano se realizan dos labores fundamentales: el descascarado y pulidura. Ambos producen residuos de diferente naturaleza:

- **Polvo de arroz:** Se produce al pulir el grano de arroz para el consumo humano y representa el 5% del peso del grano completo. Se caracteriza por su alto contenido en grasa (16%), el cual está dado por la presencia del gérmen del grano. Se enrancia con facilidad cuando se almacena inadecuadamente o por tiempo prolongado.
- **Cabecilla de arroz** Se denomina también punta de arroz y se obtiene durante el molinaje y pulido del arroz al fragmentarse el grano en distintos tamaños.

La cabecilla debe ser molida o macerada antes de suministrarse a los animales.

#### **d) Mieles**

Se obtienen como subproducto de la fabricación de azúcar en los Ingenios Azúcareros. También se puede obtener de la caña de azúcar, otras mieles, como: la miel rica y miel integral.

- **Miel rica:** Puede constituir el principal alimento para el ganado y algunas especies animales. Por lo general se obtiene como miel final el 3% de la caña de azúcar molida o el 30% del peso del azúcar producido.

Este subproducto industrial se caracteriza por su alto contenido en azúcares que constituyen sus principales nutrientes. Estos están integrados por sacarosa en una proporción de 2/3 y en 1/3 lo representan los azúcares reductores (glucosa y fructosa). La miel es rica en minerales. Siendo el potasio el más abundante, oscilando entre 2 y 4%, el calcio entre 0,8 y 1,1% y el fósforo entre 0,08 y 1%.

La miel final se utiliza como alimento (Fuente de energía), como vehículo para el suministro de NNP, como edulcorante mejorando el consumo de otros alimentos y como aglutinante en la fabricación de pellets y añadiéndolos en los piensos para evitar la pulvurulencia. El contenido de nutrientes de materia seca y proteína de la melaza en Nicaragua, tiene un rango de variación de 67,3% a 84,33% en materia seca y en proteína bruta de 2,7% a 4,7%, en cuanto a otros subproductos de cereales se tienen datos de la semolina de arroz y de la paja de arroz, la semolina tiene un contenido de materia seca de 87,1% a 90,4% y de proteína bruta de 14,6% a 15,8%, la paja tiene un contenido de materia seca de 96,8% y de 7,4% de proteína bruta (Laboratorio Bromatología U.N.A.)

En Nicaragua se elaboran bloques de melaza con urea, Robleto P y Guerrero Ch. (1991) en una prueba de alimentación de borregos con bloques de melaza al 5% y 10% de urea reportan ganancias de peso de 65 grs/día y 32 gr/día respectivamente.

Para la elaboración de los bloques de melaza se utilizarán los siguientes productos: melaza, gallinaza, cal, urea, harina de carne, hueso y sal común.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de los análisis bromatológicos realizados.

Cuadro 13.  
ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE BLOQUES DE MELAZA

CONCEPTO	BLOQUE 5% UREA	BLOQUE 10% UREA
Materia Seca %	85.6	85.6
Proteína Bruta %	26.7	43.5
Grasa %	1.4	2.8
Fibra Bruta %	8.1	8.0
Ceniza %	24.1	23.0
E.L.N. %	39.1	22.7
Carbohidratos %	42.3	27.9
Kcal EM/100 gr MS	295.2	318.7

Fuente: Robleto P. y Guerrero Ch. 1991.

A continuación se detalla el análisis bromatológico de diferentes subproductos agroindustriales en el país (Cuadro 14).

**Cuadro 14**  
**Análisis Bromatológico de subproductos agroindustriales**  
**en Nicaragua (%)**

NOMBRE	MS	PB	FB	EE	CEN	CA	P
BANANO (Entero)	20.4	8.35	3.8	5.4	3.8	0.6	0.17
BANANO (Cascara)	25.3	7.35	8.3	7.2	9.3	0.7	0.15
GUAYABA (Pulpa)	13.7	7.85	40.4	4.3	3.1	1.24	0.12
GUAYABA (Entera)	14.8	7.15	33.9	9.6	8.2	1.34	0.16
GUAYABA (Semillada)	44.9	9.9	64.6	10.5	0.07	0.62	0.06
GUAYABA (Estrujada)	6.7	4.4	52.7	1.8	2.3	0.98	0.11
PASTA ALIMENTICIA	84.7	11.3	1.2	1.0	20.74	0.00	0.00
PANADERIA (Residuos Secos)	95.8	6.1	1.1	5.2	1.7	0.1	0.3
PINOL MIXTO	80	10.5	6.8	6.1	4.9	0.4	0.09
CEREAL MIXTO (Desperdicio)	91	11.6	1.1	3.5	3.7	0.52	0.15
LEVADURA DE CERVECERIA	18	53.2	0.6	0.56	7.4	0.13	1.56
AFRECHO DE CERVECERIA	17	29.5	16.7	5.4	2.4	0.16	0.65
AVENA (Desecho)	92.1	16.1	4.65	6.8	1.3	0.45	0.07
PAPAYA (Desecho)	13.3	11.8	0.7	3.1	6.6	0.2	0.14
TOMATE (Piel y semilla)	25	20.6	12.5	4	6.3	0.22	0.31
PESCADO (Desecho mixto)	41	39.6	4.4	24.9	21.7	3.66	2.41
CAMARON Y CANGREJO (Desecho)	21.5	44.7	12.8	3.5	34.1	7.87	1.93
CAMARON (Desecho)	20	37.4	13.6	2.7	35.4	6.59	1.17
PIÑA (Pulpa)	11.2	3.6	10.2	2.1	4.2	0.21	0.07
PIÑA (Cascara)	15	4.1	8.4	3.5	4.5	0.29	0.11
TAMARINDO (SEMILLA)	68.5	13.4	11.5	7.6	2.7	0.14	0.3
TAMARINDO (Pulpa)	14.8	6.8	22.4	11.6	5.1	1.22	0.45
MANGO (Pulpa)	24.6	3.8	9.1	8.5	3.8	0.21	0.1
MANGO (Cascara)	23.1	5.0	15.1	9.0	4.41	0.26	0.09

MS = MATERIA SECA; CEN = CENIZAS; PB = PROTEINA BRUTA; FB = FIBRA BRUTA  
 P = FOSFORO; EE = EXTRACTO ETEREO; CA = CALCIO  
 Fuente: Londoño y Massarelli. 1990.

#### **8.4. Alimentos proteicos**

Los concentrados energéticos no proporcionan por lo general, la cantidad de proteínas necesarias para la máxima y eficiente contribución de los animales en explotación a una producción económica, por lo que deberán ser complementados con otros alimentos que aporten proteínas adicionales a la ración.

Los concentrados proteicos se caracterizan por aportar cantidades apreciables de proteínas, conteniendo más de 16% de dicho nutriente y además por contener menos del 18% de fibra bruta.

Por su origen se pueden clasificar en: Vegetales, animales y microbianos.

##### **Concentrados proteicos de origen vegetal**

Se obtienen como subproductos de la industria aceitera, ya que todos son de semillas oleaginosas. Una vez que se les extrae el aceite, queda un residuo que se conoce con el nombre de torta. La producción anual mundial sobrepasa los 100 millones de TM, por lo que el subproducto de la producción aceitera toma gran importancia económica.

Las tortas se obtienen por dos métodos: mecánico y por solvente orgánico de las grasas. El método mecánico consiste en la compresión de las semillas previamente tratadas al vapor y trituradas, en grandes prensas hidráulicas. El aceite escurre y quedan láminas de tortas prensadas que más tarde se fraccionan en pedazos y son molidos para formar harinas.

El procedimiento de extracción por solventes es más moderno. Se somete la semilla a la acción de un disolvente de bajo punto de ebullición (éter de petróleo). Después de la extracción del aceite y de la separación de la mayor parte del solvente, se separan las últimas trazas por la acción del vapor, siendo de esta forma cocido el residuo simultáneamente.

Con el método mecánico queda generalmente un residuo de 6-8% de aceite, mientras que con el método de solventes se deja sólo del 0,8 al 3% de aceite.

Las tortas de semilla de algodón, maní y girasol pueden obtenerse decortizadas y sin decorticar. Cuando se comparan por el mismo procedimiento de extracción, las tortas no decortizadas contienen usualmente menos proteínas, más carbohidratos solubles y más fibra que la correspondiente torta decortizada.

**Cuadro 15**  
Comparación entre harina de tortas decortizadas  
y sin decortizar (%)

<b>SEMILLA</b>	<b>MS</b>	<b>PB</b>	<b>ELN</b>	<b>GB</b>	<b>FB</b>	<b>CENIZA</b>
Algodón sin decortizar	88	23	23	5	21	6
Algodón decortizado	90	41	27	8	8	6

### **Valor nutritivo de las tortas**

Las tortas son esencialmente concentrados proteicos, pero en ocasiones pueden ser también alimentos de alto valor energético, sí en el proceso de extracción ha quedado una alta proporción de grasa.

El contenido de proteína de las tortas puede variar de un 20 a un 45% y la digestibilidad de la MS es entre un 75 y 90%. La mayor parte de las tortas son deficientes en lisina, resultando evidente que la suplementación de los cereales con las tortas, no siempre mejorará el valor biológico de la mezcla, exceptuándose de este caso la Soya que proporciona niveles más altos de lisina. Una mezcla a partes iguales de maíz-soya tiene un valor biológico (VB) de 75% mientras que la media aritmética de los VB de cada uno de los componentes es 61%.

**Cuadro 16**  
Valor biológico (VB) de las proteínas de algunas tortas para ratas

<b>TORTA</b>	<b>AMINOACIDOS LIMITANTES</b>	<b>VB. %</b>
COCO	LISINA	70
ALGODON	LISINA	64
MANI	TREONINA	58
SOYA	METIONINA	75
GIRASOL	LISINA	64

El contenido en grasa de las tortas debe tenerse en cuenta para su empleo en las raciones de los animales y también para su almacenamiento y conservación.

La principal característica de las tortas es su contenido protéico, siendo deseable un bajo contenido en aceite para evitar el enranciamiento, bajando el valor nutritivo y posibilitando el peligro de combustión.

Las semillas que no son decortizadas producen una torta con una cantidad de fibra tal, que merma considerablemente su valor nutritivo, limitando su

uso en la alimentación de algunas especies. Las tortas que contengan más del 10% de FB no son convenientes para los animales jóvenes.

Las tortas son relativamente pobres en minerales (5-6%), variando el contenido de Ca entre 2 y 0,4% mientras que el P es del 0,6-0,9%. Carecen de vitamina D y son pobres en caroteno, pero aportan cantidades apreciables de riboflavina, tiamina y niacina.

En la elaboración de las tortas el valor nutritivo puede beneficiarse o perjudicarse según la cantidad de calor que reciba y del tipo de semilla de que se trate. Cuando se obtienen por solvente, es conveniente el posterior calentamiento para mejorar la digestibilidad de la proteína. Esto es más marcado para la torta de soya. Un exceso de calor provoca efectos perjudiciales.

### **Características particulares de las tortas**

#### **Torta de Soya**

Es la fuente de proteína de origen vegetal de mejor calidad, la semilla de soya contiene de 16-21% de aceite. La torta de soya contiene como promedio la siguiente composición.

MS: 90%, PB 45%, FB 5%, EM: 1 Mcal/Kg MS.

La torta de soya puede ser consumida por todas las especies de animales, principalmente cuando contiene bajas proporciones de grasa. Puede constituir el único suplemento proteico de la dieta.

La torta de Soya cruda o insuficientemente cocida es mal utilizada por los monogástricos, especialmente los animales jóvenes, por contener el factor antríptico que bloquea la acción de la tripsina. La torta de soya sometida a temperatura de más de 130°C por 30 minutos produce una fuerte destrucción de la tiamina, ácido pantoténico y lisina.

#### **Torta de semilla de algodón**

La semilla de algodón contiene aproximadamente 22% de aceite. La torta de esta semilla se obtiene después de haberle quitado, en mayor o menor proporción, los residuos fibrosos que quedan adheridos a la semilla.

Además deben desprenderse de la semilla los tegumentos coriáceos a fin de desprender la almendra, se trituran esta última y se extrae la mayor cantidad posible del aceite que contiene. De esta operación depende el valor nutritivo de la torta, entre las que se pueden distinguir 3 tipos principales:

- Tortas de semillas decorticadas.
- Tortas de semilla semidecorticadas.



— Tortas de semillas sin decorticar.

El valor nutritivo de la torta de algodón se encuentra intensamente influenciado por la presencia del gopiol que es una sustancia venenosa, el efecto del gopiol es marcado en el caso de animales monogástricos, por lo que se recomiendan niveles conservadores del 10% aunque puede llevarse a 20%. Debe tenerse mayor cuidado cuando se trata de monogástricos jóvenes.

La torta de semilla de algodón es pobre en caroteno y vitamina D.

Cuadro 17  
Composición de materia seca y proteína de la  
harina de soya y algodón en Nicaragua (%)

ALIMENTO	# ANALISIS	M.S.	# ANALISIS	P.B.
Harina de soya	3	88-91,8	3	38,5-58,6
Harina de algodón	3	89-93	3	49,11-52,9

Fuente: Laboratorio Bromatología U.N.A. (1992)

### Concentrados proteicos de origen animal

Los principales productos son la harina de pescado, harina de carne y hueso, harina de sangre y harina de leche. Todos constituyen concentrados proteicos de alto Valor Biológico, son buenas fuentes de minerales y vitaminas (principalmente B<sub>12</sub>) y además de los llamados factores no identificados.

Por lo general presentan una alta proporción de MS (85-95%). El contenido de proteína es muy alto (50-80%). La grasa presente en ellos es muy variable (4-15%), en dependencia de la calidad del proceso de obtención y de la materia prima.

La concentración de EM. puede variar entre 2,3 y 3,4 Mcal/Kg MS, en virtud de su alto contenido de proteína y grasa. Todos estos concentrados son virtualmente carentes de fibra. La riqueza en minerales constituye una característica, y su cantidad viene dada por las proporciones de huesos o de espinas de la materia de origen (6-20% de ceniza).

A nivel experimental se elaboró en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Agraria, ensilaje del subproducto del camarón (Canales O y Rodríguez V., 1993). El ensilaje contenía subproductos de la pesca del camarón al cual se le adicionó ácido sulfúrico al 5 y 10% V/P (volumen/peso) para preservarlos, evaluandolos a diferentes periodos de tiempo (7, 15, 30, 45 y 60 días), concluyéndose que en todos los ensilados predominó la fermentación láctica y encontrándose valores de proteína bruta

para el tratamiento con 5% de 40.4 a 50.23% y para el tratamiento con 10% de 41.28 a 43.22%.

Los concentrados proteicos de origen animal, generalmente se usan para elevar la proteína total en las raciones y también para mejorar el equilibrio de algunos aminoácidos. Como es conocido, las proteínas de las tortas y también de los cereales suelen ser deficientes en lisina y otros aminoácidos esenciales, las proteínas de origen animal son ricas en estos aminoácidos. Por esto los concentrados proteicos de origen animal tienen gran valor como suplemento de las proteínas de origen vegetal. De esta combinación resulta un producto de mayor valor biológico del que tendría la proteína vegetal por separado.

Los concentrados proteicos de origen animal de productos y subproductos crudos, son calentados para cocerlos hasta el punto de esterilización y separar la grasa. Las altas temperaturas pueden afectar su valor nutritivo al provocar la pérdida de vitaminas y otros principios nutritivos.

Para su obtención se utilizan varios métodos entre los que podemos citar:

- a) Elaboración por desecación. En este método el vapor que se utiliza para el calentamiento no se pone en contacto con el alimento.
- b) Elaboración por digestor. El vapor utilizado está en contacto con el alimento, por lo que se obtiene un producto con menor cantidad de grasa.

Con cualquiera de los dos métodos empleados, se procedería posteriormente a extraer la grasa, ya sea bien por prensado o disolvente orgánico.

Las cualidades nutritivas de estos alimentos, determinan que sean recomendados en la alimentación de animales jóvenes en particular y en general para animales monogástricos.

### **Harina de pescado**

Se obtiene a partir de los residuos de la elaboración industrial de peces aprovechándose la colas, espinas, cabezas de peces enteros, capturados para este fin o peces capturados involuntariamente y que no se aprovechan para el consumo humano.

Constituye un producto seco y triturado, de composición variable según su origen y método de obtención. En cualquier caso, antes de elaborar la harina, debe someterse la materia prima al desgrasado, cumpliéndose con ello dos fines:

- a) Se mejora la conservación del producto terminado.
- b) Se sustraen los lípidos cuyos ácidos grasos le comunican olor y sabor desagradable.

Es un alimento que posee excelentes cualidades nutritivas que se derivan de su elevado contenido en proteínas (45-65%), así como en la riqueza de factores biológicos como son los aminoácidos esenciales, vitamina B<sub>12</sub> y otros factores, no identificados.

Cuanto mayor sea la cantidad de espinas, cabezas y escamas que contenga, variará la calidad y composición. También la especie de pez que se procese determinará la composición del producto.

Las harinas de pescado de alto contenido en grasa, presentan problemas. Las que contienen más del 10% de grasa, son menos estimadas y las que llegan al 20% no son recomendadas para la alimentación de los animales. La calidad viene dada por el alto contenido de proteína y bajo en grasa y ceniza.

El Valor Biológico de la harina de pescado está dado por la riqueza de lisina, metionina y triptófano. El contenido de minerales varía entre 15 y 30%, pudiendo variar el calcio entre 2 y 6% y el fósforo entre 2 y 4%. El contenido de sal común fluctúa entre 0,5 y 3%, pero se pueden utilizar las que contengan cantidades más elevadas, pero que no pasen del 6% pues puede resultar tóxica.

Constituye una de las mejores fuentes naturales de vitamina B<sub>12</sub> (4 veces superior a la contenida en la leche en polvo). El aminoácido limitante es la metionina y sin embargo es el alimento que más la contiene (2%).

### Harina de carne

Se obtiene de los residuos de animales de sacrificio fundamentalmente, vacunos; está compuesta por carne, cartílagos, hueso, vísceras, etc. Todos estos productos son desecados y molidos. Cada vez existe menor disponibilidad de harina de carne, pues se incrementa la utilización de los residuos para otros fines industriales: Alimentación humana o alimentación de animales de zoológicos, gatos, perros, etc.

**Cuadro 18**  
Composición de materia seca y proteína de la harina de carne  
y de la harina de carne y hueso en Nicaragua (%)

ALIMENTO	# ANALISIS	M.S.	# ANALISIS	P. B.
Harina de carne	1	93,12	1	39,2
H. carne y hueso	1	94,0	1	43,5

Fuente: Laboratorio Bromatología U.N.A. (1992).

La harina de carne de buena calidad se considera contiene generalmente 60-70% de proteínas y además son de alto VB.

Son más bajas que la harina de pescado en los siguientes aminoácidos: lisina y particularmente más baja en triptófano, treonina y metionina. El triptófano es el principal factor limitante del VB de este tipo de alimento.

El contenido de B<sub>12</sub>, colina y niacina es alto en la harina de carne, pero baja en vitamina A y D.

Balmaceda, M y Baltodano, O (1990) evaluaron tres tipos de dietas (calostro:leche) en terneras Holstein friesland bajo crianza artificial; utilizaron para ello 18 terneras bajo tres tratamientos: T<sub>1</sub>: 5 litros de leche entera/día (testigo); T<sub>2</sub>: 5 lts de mezcla de calostro y leche/día (20:80); y T<sub>3</sub>: 5 lts de mezcla de calostro y leche/día (40:60). Adicionalmente todos los tratamientos recibieron "ad-libitum", alimento sólido a base de forraje (taiwán) picado, heno de estrella, agua y concentrado iniciador. A los 70 días las terneras lograron ganancias de peso, kg/día de 0.57, 0.72 y 0.79 para los tratamiento 1, 2 y 3 respectivamente. Se concluyó que la dieta más efectiva fue la del T<sub>3</sub>.

### **Concentrados proteicos de origen microbiano**

En los países tropicales la melaza constituye la materia prima para la fabricación de levaduras. Por su contenido de azúcares 3,85 TM de miel son capaces de producir 1 TM levadura *Torula*. El contenido proteico de esta levadura fluctúa entre 41 y 47%.

El aminoácido esencial metionina constituye el primer limitante del Valor Biológico de esta proteína, encontrándose valores para este aminoácido entre 0,42 y 0,80, sin embargo es muy rica en lisina (10,2%), nivel superior al de la harina de pescado (9,2%).

Contiene muy bajas proporciones de grasa, no superando el 1%. El ELN alcanza valores cercanos al 30%. Contiene por encima de 1,5% de fósforo y por debajo de 0,5% de calcio. Es tan rica en complejo B como el hígado con la excepción de B<sub>12</sub>, de la cual prácticamente carece. Además es una fuente rica en provitamina D (ergosterol).

También se produce otra levadura: La *Sacharomyces* como un subproducto de la producción de alcohol, recuperando de 7-12 Kg por cada 100 litros, de alcohol producidos. Contiene entre 35 y 40% de proteína y su valor nutritivo es similar al de la torula. Además posee cantidades apreciables de B<sub>12</sub> y restantes del complejo B.

## **8.5 Fuentes de Vitaminas, Minerales y Aditivos**

Una vez conocidas las principales características nutritivas de los alimentos, es necesario conocer los productos que se incorporan a las mezclas de alimentos para equilibrar y mejorar sus propiedades nutritivas. Entre

estos se encuentran las vitaminas, minerales y otros aditivos (antibióticos, hormona, etc.).

### Fuentes de minerales

Para la elevación de la productividad de los animales, muchas veces resulta insuficiente la cantidad de las distintas sales minerales y elementos contenidos en los alimentos. Por ello reviste gran interés desde el punto de vista de la nutrición animal la adición de correctores minerales.

### Suplemento de calcio y fósforo

Las mezclas minerales correctoras que más se utilizan son los óxidos o las sales de calcio y fósforo.

En el siguiente cuadro se dan contenidos de calcio y fósforo en las diferentes sales minerales que se emplean en Nutrición Animal.

Cuadro 19  
Porcentajes en que entran el Ca y P en algunas  
sales minerales correctoras

SALES	ELEMENTOS	%
Carbonato de Calcio, $\text{Ca CO}_3$	Ca	40,40
Cloruro Cálcico, $\text{Ca Cl}_2$	Ca	23,39
Fosfato dicálcico, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Ca	23,29
	P	18,00
Fosfato dicálcico $\text{CaHPO}_4$	Ca	29,46
	P	22,77
Fosfato magnésico, $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	P	17,91
	Mg	13,95
Fosfato disódico, $\text{NaHPO}_4$	P	21,82
	Na	32,39
Caliza molida	Ca	24-26
Conchas de ostras	Ca	38
Fosfato de roca	P	14

De los fosfatos minerales, el dicálcico es el que produce mejores resultados, por ser más soluble y asimilable.

Para corregir calcio y fósforo sirve también la harina de hueso. Constituye un producto corrientemente usado para introducir fósforo, en las raciones de los animales. Para la obtención de la harina de hueso se cocina con vapor o presión los huesos frescos, a fin de extraer la mayor parte de la grasa. El residuo se prensa, se deseca y muele. En el siguiente cuadro se da la composición de la harina de hueso.

Cuadro 20  
Composición típica de la harina de hueso

INGREDIENTE	%
MS	96,0
PROTEÍNA BRUTA	21,8
GRASA	3,2
CENIZA	66,0
CALCIO	23,0
FOSFORO	11,0

La harina de huesos mal elaborada tiene mal sabor y es rechazada por los animales. Debe estar bien seca (4% de humedad) y sin manifestaciones de descomposición, su contenido en fluor es muy bajo.

Cuando la dieta es deficiente en calcio, en fósforo o en ambos elementos, puede hacerse la corrección con un complemento mineral adecuado. Para hacer la elección del complemento es necesario conocer primero cual es el elemento mineral deficiente. Si la ración está carente de calcio, pero contiene el fósforo necesario, será innecesario y antieconómico, emplear como corrector la harina de huesos. Además puede provocar desequilibrio mineral en la dieta.

La caliza molida es el complemento de calcio más usado. Tanto la caliza como el carbonato de calcio son productos muy baratos y de alta concentración en calcio. En este sentido la concha de ostras juega un papel similar como corrector de calcio.

Para suplemento de fósforo además de la harina de huesos, se emplea frecuentemente el fosfato dicálcico.

### **Sal común, cloruro de sodio (NaCl)**

La sal común además de nutriente es un factor que mejora el gusto de los alimentos. Las raciones de los animales no suelen aportar las suficientes cantidades de sodio y cloro, de ahí la necesidad de proporcionárselos en forma de sal común.

La dosis de sal común que se debe suplementar en las raciones varía con la naturaleza de los alimentos. La sal se puede suministrar tal como se presenta, en forma cristalizada o bien en bloque o piedras para que sean lamidas.



Un exceso de consumo de sal puede provocar accidentes, especialmente en las aves. Se puede producir intoxicación cuando se ingiere en breve plazo las siguientes cantidades de sal común:

Bovinos	1500-3000 gr.
Ovejas y cabras	125- 150 gr
Cerdos	125- 250 gr
Aves	5-20 gr

### *Grit (Arena)*

Se le da este nombre a los pequeños pedazos de piedra que se pone a disposición de las aves estabuladas para facilitar el funcionamiento de la molleja. El tamaño y naturaleza del "grit" es variable, el grosor máximo es similar al de un grano de lenteja. Puede utilizarse como "grit" piedras de cuarzo feldespato, granito, mica, grava de río, etc. Además, otros materiales como conchas de ostras, piedra caliza, etc, que son menos recomendables.

### **Fuentes vitamínicas**

Al elevarse la producción de los animales, no sólo se elevan las necesidades de energía y proteína, sino también de VITAMINAS, sobre todo en el período de rápido crecimiento, durante la gestación y lactación y durante el período de la puesta en las aves.

Con el objetivo de garantizar el suministro constante de vitaminas, se añaden a los piensos los concentrados vitamínicos que se fabrican sintéticamente.

Con el empleo de mezclas concentradas de vitaminas se consigue administrar las cantidades suficientes a los animales durante todo el año, ya que los alimentos poseen tenores variables de estos nutrientes de acuerdo con la época del año y además, durante la conservación y depósito de los piensos se producen pérdidas de vitaminas sensibles a la oxidación.

### **Principales fuentes de vitamina A y caroteno**

Los forrajes verdes y sus respectivas harinas elaboradas en condiciones adecuadas son los principales portadores de caroteno. La harina de leguminosas es particularmente rica en ese nutriente.

La vit. A se encuentra en estado natural sólo en algunos organismos animales. Los aceites de hígado de pescado (bacalao, atún, etc. ) constituyen las fuentes principales. Los aceites animales disponibles en el mercado presentan notables variaciones en el contenido vitamínico, en el color, en el olor, en su pureza y constitución, química. Los aceites deben guardarse en frascos medianos, casi totalmente llenos, en sitios frescos y al resguardo de la luz para evitar el enranciamiento. No es aconsejable



suministrar el aceite sólo porque puede que no sea tolerado y causa náuseas, vómitos y diarrea.

La vitamina A se presenta en el mercado bajo la forma de acetato de exeroftol sintético ( $1g=10^6 IU$ ). Este producto tiene diversas presentaciones comerciales.

### **Fuentes de vitaminas D**

Los aceites de hígado de pescado son también excelentes fuentes de vitamina D<sub>3</sub>. Las levaduras sintetizan la vitamina D<sub>2</sub> en presencia de los rayos ultravioletas, resultando un excelente suplemento de ese nutriente.

La vitamina D se expende bajo la forma de calciferol cristalizado (40 millones de UI por gramo).

### **Vitamina E fuentes**

Los aceites de gérmenes de cereales son muy ricos en vitamina E o tocoferoles. De ellos el germen de trigo es el más importante y el que se usa más frecuentemente, conteniendo el 0,5% de su peso en vitamina E. La forma comercial de la vitamina es la acetato de alfa-tocoferol.

### **Fuentes de vitaminas del grupo B**

Sólo requiere especial atención el suministro de estas vitaminas en los cerdos y aves. Una fuente natural rica en la mayoría de las vitaminas del complejo B es la levadura torula que contiene cantidades mayores de B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, Niacina, ácido pantoténico, biotina y ácido fólico que todos los demás alimentos, pero es carente de vitamina B<sub>12</sub>.

Todas estas vitaminas se pueden obtener sintéticamente por lo que se pueden obtener en el mercado para confección de premezclas para suplementar las dietas de los animales monogástricos.

## **Aditivos utilizados en los piensos**

### **Uso de grasas y aceites como suplemento de los piensos**

Las grasas y aceites pueden ser agregados a los piensos con los siguientes propósitos:

- a) Aumentar el nivel energético de la dieta a niveles que no pueden lograrse con otros alimentos básicos.
- b) Se reduce el aspecto pulverulento de los piensos.
- c) Contribuye a mejorar la palatabilidad del pienso.
- d) Se mejoran los parámetros productivos de los animales por consumir dietas con mayor densidad energética.
- e) Favorece el granulado (pellet) de los piensos.

## Empleo de antioxidantes

Estos productos se utilizan en la fabricación de piensos para el ganado con la finalidad de proteger de la oxidación a los compuestos sensibles a esta alteración. En los piensos se encuentran como sustancias sensibles a la oxidación, principalmente los ácidos grasos insaturados. Las vitaminas A y D y los caroteno. Cuando estos alimentos se guardan largo tiempo sin agregar antioxidante, gran parte de los compuestos sensibles a la oxidación contenidos en aquellos se descomponen, de acuerdo con el tiempo de depósito. Los antioxidantes han adquirido enorme importancia en relación con la inclusión de grasas en los piensos de cerdos y aves.

Existen en el mercado distintos tipos, para utilizarlos en dependencia del tipo de grasa de que se trate. Algunos de ellos pueden ser tóxicos por lo que hay que manejarlos con cuidado.

BHT, BHA, ETOXQUINA, DPPD, etc. , son los antioxidantes comerciales más utilizados.

Las dosis de antioxidantes a emplear dependen del tipo de antioxidante y del contenido de grasa del pienso.

## Empleo de antibióticos

Son sustancias dotadas de capacidad inhibidora sobre la multiplicación y crecimiento de un gran número de bacterias patógenas. Son sintetizados por varios organismos vegetales inferiores, fabricándose muy poco a escala industrial por presentar una estructura química muy compleja. Ej. de antibiótico sintético es el cloranfenicol (cloromicetina).

El mecanismo de acción de los antibióticos en los piensos es generalizado de la siguiente forma:

- 1) Eliminación de los gérmenes intestinales que utilizan sustancias nutritivas útiles para el animal.
- 2) Eliminación de gérmenes patógenos.
- 3) Acción selectiva sobre algunos grupos de gérmenes que da lugar al desarrollo más intenso de otros gérmenes útiles al animal.
- 4) Propician una mayor absorción intestinal al remover la flora adherida a las mucosas.

Entre los principales antibióticos tenemos:

Penicilina	Cloromicetina	Terramicina
Estreptomicina	Clorotetraciclina	Oleandomicina
Bacitracina		

Las cantidades a suministrar oscilan entre 5 y 100 g. de antibióticos por TM de alimento en dependencia del tipo de antibiótico, edad de los animales, especie animal, estado sanitario de las instalaciones, etc.

### **Utilización de hormonas**

La administración de hormonas ha demostrado eficacia como estimulante del crecimiento, producción de leche y huevos, ovulación y superovulación.

Las más usadas han sido dietilelbestrol (DS) y Hexoestrol. Las hormonas se pueden implantar debajo de la piel o mezclados con los alimentos. Se utilizan dosis de unos 10 mg/día.

Es un punto muy debatido la manifestación de efecto residual en los productos animales que consume el hombre. De ser cierto, tendría serias implicaciones en la salud humana.

### **Aditivos absorbentes**

Son productos de diversos orígenes que actúan en el proceso digestivo. Los principales productos que se utilizan son: carbón vegetal, aserrín de madera y la bentonita sódica.

**IX.**  
**PREPARACION DE ALIMENTOS Y**  
**FORMULACION DE RACIONES**

## **IX. PREPARACION DE ALIMENTOS Y FORMULACION DE RACIONES**

En la formulación de raciones lo que se trata de hacer es transferir los conocimientos sobre los nutrientes, alimentos y animales a raciones, mezclas nutricionalmente adecuadas que se consumirán en cantidades suficientes como para proporcionar el nivel de producción deseado a un costo razonable.

Al formular una ración o una mezcla, se debe considerar: Las necesidades de nutrientes del animal, el tipo de alimento disponible y su procesado, el tipo de ración y el consumo esperado del alimento.

La formulación se realiza con la unión de varios alimentos secos o deshidratados y molidos también se pueden hacer aglomerados. En dependencia del tipo de alimento se recomienda molerlos ya que enteros pasan por el tracto digestivo sin ser utilizados por el animal, normalmente los granos deben molerse en un grado medio de molienda de tal forma que quede como harina gruesa, si la molida se hace muy fino el alimento se hace menos apetecible, también se pueden hacer granulos.

La ventaja de hacer granulos consiste en que todos los animales ingieren todos los componentes de las mezclas, además que, los granulos producen aumentos en la secreción del jugo digestivo, se conoce que en la utilización de nutrientes que aportan tiene mucha importancia la forma de presentación por ejemplo: En los equinos el triturado del grano facilita la digestión, en bovinos las mezclas deben ser molidas, no muy finas, mientras que, en cerdos es mejor disminuir el tamaño de las partículas.

El proceso de preparación de la mezcla influye sobre el valor nutritivo de está, en la deshidratación se pierde una cantidad de nutrientes, el grano molido muy fino reduce el consumo del mismo, un grano quebrado grueso va asociado con una digestibilidad deficiente si se hace pellets se mejora la utilización del grano en un 5-9% y si un grano es cocinado a vapor, aplastado o laminado se mejora su digestibilidad en los rumiantes.

## Mezclas industriales

Las mezclas industriales son aquellas en las que todas las muestras objeto de análisis tienen los compuestos en igual proporción a la mezcla global. La homogeneidad de la mezcla es de particular interés. Consideraciones que se deben tomar para la introducción de los componentes en las mezclas:

1. Los porcentajes en que intervienen los diferentes alimentos en la mezcla, su densidad y granulometría. Las partículas de mayor irregularidad deben introducirse primero, (salvados, harinas de cereales), luego las harinas de carne y oleaginosas y por último los minerales.
2. Las cantidades en que los componentes participan en las mezclas y para obviar desviaciones se elaboran premezclas.

## Premezcla

Son aquellas que utilizan vitaminas, antibióticos, estimulantes, etc., en pequeñas cantidades que al unirse se hace difícil que queden bien representadas en las mezclas por lo que se usa como base harinas de cereales y piensos molidos y se mezclan estos elementos previamente, cuando están bien mezclados se procede a incorporarlos a la mezcla dada.

Recomendaciones al elaborar la premezcla:

Usar equipos de mezcla fina, utilizar como vehículo harinas de cereales o pienso molido, no deben emplearse granulos gruesos, hay que utilizar lecitinas, aceite de soya, etc., (aglutinantes), deben pasarse por un tamiz de malla media con el fin de deshacer los grumos.

Al utilizar aglutinantes, primero se mezclará durante 5-10 minutos con un 30% del vehículo (harinas de cereales), luego se agregarán sustancias activas, posteriormente se adicionará el resto del excipiente y se mezclará.

**Tipos de mezclas:** Existen los siguientes tipos de mezclas:

1. Mezcla de pienso completa. Que debe contener todos los nutrientes (biofactores, estimulantes, etc.) necesarios a una especie y categoría por ejemplo en aves de jaula se necesitan 45-47 elementos considerando aminoácidos, vitaminas, minerales, medicamentos, estimulantes.
2. Mezcla para completar raciones. Es la que debe completar los nutrientes faltantes de la ración básica (pastos, forrajes, henos, etc) y varía según la especie, categoría animal y producción esperada.

3. Concentrados proteicos (premezclas proteicas), son aquellas que se preparan antes de la mezcla final para unirse con la mezcla básica y esta formada por tortas de oleaginosas, harina de leche, harina de carne, pescado, etc. Se incluyen en aves, cerdos y algunos bovinos.
4. Suplementos minerales (premezclas minerales) están formadas por macro y microelementos así como también premezclas de vitaminas. Las premezclas minerales se incluyen en las mezclas para vacunos en un 2-3%, para porcinos en 0,5-1% y para aves en un 0,5-1% y están formadas por fosfato de calcio, carbonato de calcio, cloruro de sodio, etc.

## 9.1 Métodos para formular raciones

Básicamente existen cuatro métodos que pueden ser utilizados para balancear raciones:

1. *Prueba y error*: Consiste en ir realizando una serie de aproximaciones manuales hasta obtener el resultado esperado.
2. *Cuadrado de pearson*: Este método es sencillo y permite definir rápidamente los ingredientes a mezclar para obtener la concentración deseada.
3. *Soluciones algebraicas*: Este método permite mezclar dos o más ingredientes y consiste en la creación de ecuaciones simultáneas, con tantas incógnitas como ingredientes se deseen mezclar.
4. *Programación Lineal*: Es el método más utilizado para balancear raciones de mínimo costo, tiene la ventaja que permite balancear raciones con un gran número de ingredientes y por varios nutrientes a la vez, al incrementarse el número de ingredientes y de nutrientes que se quieren balancear se hace sumamente difícil su elaboración por lo que en estos casos se hace uso de computadoras.

### 9.1.1 Uso del cuadrado de Pearson en la formulación de raciones balanceadas para animales

Este método puede ser utilizado para balancear una ración que contenga varios ingredientes si las cantidades pueden reducirse a dos.

Este método solo puede usarse para 2 materiales alimenticios, aunque solo uno de ellos o ambos pueden ser producto de una mezcla. El % de P. B. de la mezcla a preparar debe ser un valor intermedio entre el contenido proteico de los alimentos a mezclar.

Por ejemplo: se tienen dos alimentos tales como maíz conteniendo, 8,6% de P. B. y suplemento comercial (base) con 44% de P. B., el método antes

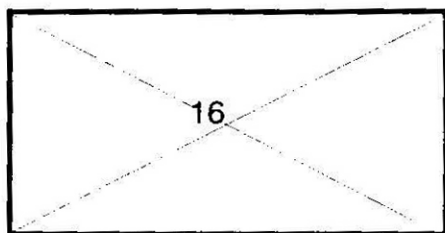


citado podrá usarse para determinar la proporción de cada alimento para proveer una mezcla que contenga 16% de P. B.

Para el uso del cuadrado de Pearson es necesario dibujar un cuadrado, en el centro del cual se coloca el porcentaje de proteína necesitado (16%). En las esquinas izquierda del cuadro se coloca el nombre de los dos alimentos y su contenido en proteína. Siguiendo líneas diagonales se obtiene la diferencia, entre el nivel de proteína de cada alimento y la que debe tener la mezcla y que esta ubicada en el centro del cuadro.

Maíz 8.6% P. B.

28 partes de maíz = 79.1%



Suplemento

44% P. B.

$\frac{7.4}{35.4}$  Partes de sup.  $\frac{20.9\%}{100\%}$

Los números colocados en las esquinas derechas son las proporciones de maíz y suplemento que deben ser mezcladas para dar una mezcla que contenga 16% de P. B. Estas proporciones las convertimos en porcentajes y obtenemos:

**Maíz**

**Suplemento**

35.4      100      X = 79.1%  
28          X

35.4      100      X = 20.9  
7.4          X

Para comprobar el trabajo procedemos de la siguiente manera:

**Maíz**

**Suplemento**

79.1      100%  
X          8.6%

20.9      100  
X          44

$$\text{Maíz } \frac{79.1 \times 8.6}{100} = 6.8$$

$$\text{Suplemento: } \frac{20.9 \times 44}{100} = 9.2 \quad (\text{proteína de la mezcla})$$

Con estos porcentajes así determinados podrán ser calculadas mezclas sin importar el tamaño de las mismas. Por Ej. : para preparar 2825.8 Kg. de esta fórmula necesitaríamos.

## Suplemento

2825.8	100%
X	79.1

$$X = 2235.21 \text{ kg.}$$

2825.8	100
X	20.9

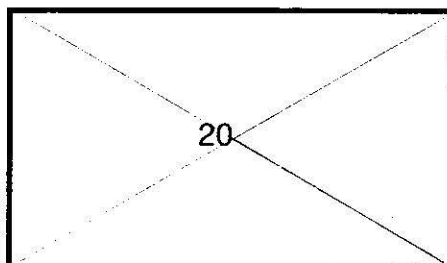
$$X = 590.59 \text{ kg.}$$

Prepare una mezcla con un 20% de P. B. si se tiene un suplemento proteico con un 45% P. B. y se dispone de granos de sorgo molido con un 11% de P. B.

Suplemento 45%

## Proteico

44



9 partes  
suplemento=26. 47%

**Sorgo 11%**

Molido

$$\frac{25 \text{ parte}}{34 \text{ parte}} \text{Sorgo} = \frac{73.53\%}{100\%}$$

34 partes	100%	X = 26.47%
9 partes	X	

34	100%	$X = 73.53\%$
25	X	

El método de Pearson puede ser utilizado para balancear una ración que contenga varios ingredientes si las cantidades pueden reducirse a dos.

Ejemplo:

Necesitamos una dieta con 15% de P. B y que contenga exactamente: 10% de harina de leucaena, 10% de melaza, 10% de cebada 1. 5% de harina de hueso, 0. 5% de sal común con minerales traza sorgo y harina de soya.

Buscamos en las tablas de composición de alimentos y nos indican que estos ingredientes tienen la siguiente composición en P. B.

Sorgo :	10.5%
Harina de soya:	50%
Cebada:	12%
Harina de leucaena:	20%

La harina de hueso y melaza no contienen proteína utilizable.

Primero determinamos los Kgs. de ingredientes y proteínas en los materiales fijos de la dieta.

### INGREDIENTES FIJOS

Ingrediente	Kg. fijados	% P. B.	Kg. P. B.
H de leucaena	10	20	2.0
Melaza	10	-	-
Cebada	10	12	1.2
Harina de hueso	1.5	-	-
Sal con minerales	0.5	-	-
Total	32.0		3.2

	Kg. alimento	Kg. proteína
Necesitados originalmente	100	15.0
"Fijos"	32	3.2
Deficit	68	11.8

Esto significa que para fabricar 100 Kg. de alimentos que contengan el 15% P. B. se requiere aún 68 Kg. de alimentos (mezcla de sorgo y harina de soya) que proporcionen 11.8 Kg. de P. B.

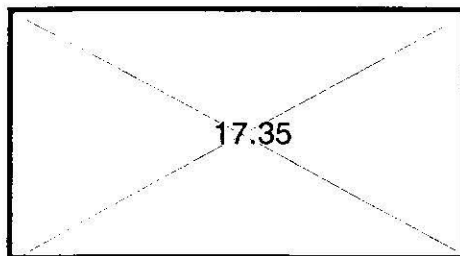
Para determinar el porcentaje requerido en la mezcla sorgo-harina de soya se procede así.

En 68 Kg. de alimento	11.8 kg. de P. B.
En 100 Kg. de alimento	X

$$X = \frac{100 \times 11.8}{68} \quad X = 17.35 \% \text{ P.B.}$$

Utilizando el cuadrado de Pearson.

Sorgo 10.5%  
17.35%



32.65      Sorgo = 82.66%

Harina de 50%  
Soya

$\frac{6.85}{39.50} H. soya = \frac{17.34\%}{100\%}$

### Sorgo

39.5      100  
32.65      X

### Harina de soya

39.5      100  
6.85      X

X = 82.66%

X = 17.34%

### Sorgo

68      100  
X      82.66%

### Harina de soya

68      100  
X      17.34%

X = 56.2 Kg. Sorgo

X = 11.8 Kg. h. de soya

## Composición de la dieta

Sorgo ..... 56.2 Kg.  
Harina de soya ..... 11.8 Kg.  
Harina de leucaena ..... 10.0 Kg.  
Melaza ..... 10.0 Kg.  
Cebada ..... 10.0 Kg.  
harina de hueso ..... 1.5 Kg.  
Sal con minerales trazas ..... 0.5 Kg.  
**Total ..... 100 Kg.**

Para comprobar si la dieta fue bien calculada procedemos así:

<b>Ingrediente</b>	<b>% en la dieta</b>	<b>% de P. B.</b>	<b>% de P. B.</b>
Sorgo	56.2	10.5	5.9
Harina de soya	11.8	50.0	5.9
Harina de leucaena	10.0	20.0	2.0
Melaza	10.0	-	-
Cebada	10.0	12.0	1.2
harina de hueso	1.5	-	-
Sal con minerales trazas	.0.5	-	-
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>15.0</b>

### 9.1.2 Método algebraico para formular y balancear raciones

#### Método 1 : sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas

"2 : sistema de 1 ecuación con 2 incógnitas.

Prepare una mezcla con un 20% de P. B. si se tiene un suplemento proteico con un 45% de P. B. y se dispone de granos de sorgo molido con un 11% de P. B.

Método 1: Sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas.

X = Suplemento proteico.

Y = Sorgo molido.

a)  $X + Y = 100$  Kg. de ración.

100 suplemento

45

X cantidad de  
suplemento

Cantidad de PB que aporta el  
suplemento

100 sorgo molido

11

Y cantidad de  
sorgo molido

Cantidad de PB que aporta el  
sorgo molido.

Cantidad de P que  
aporta el suplemento

$= X (45)/100 = 0.45 X$

Cantidad de P que  
aporta el sorgo molido

$= Y (11)/100 = 0.11 Y$

b)  $0.45 X + 0.11 Y = 20$  Kg. de PB de la ración.

Multiplicamos la ecuación (a) por -0.45 y se resta de la ecuación (b).

$$\begin{array}{rclcl}
 0.45x & +0.11Y & = & 20 & \\
 -0.45X & -0.45Y & = & -45 & \\
 \hline
 & -0.34 & = & -25 & y = \frac{25}{0.34}
 \end{array}$$

$Y = 73.52$  Kg. de sorgo molido.

$X = 26.48$  Kg. de suplemento.

### Método 2: Una ecuación con 2 incógnitas.

Suplemento proteico = X

sorgo molido = Y

$$0.45 X + 0.11 Y = 20 \text{ Kg. de P } X+Y = 100$$

$$Y = 100 - X$$

$$0.45 X + 0.11 (100-X) = 20$$

$$0.45 X + 11 - 0.11 X = 20$$

$$0.45 - 0.11 X = 20 - 11$$

$$0.34 X = 9$$

$$X = \frac{9x}{0.34} = X = 26.47$$

$$Y = 100 - X$$

$$Y = 100 - 26.47$$

$$Y = 73.53$$

$X = 26.47$  Kg. de suplemento proteico.

$Y = 73.53$  Kg. de sorgo molido.

### 9.1.3 Método de sustitución para formular y balancear raciones

Si se desean balancear dos o más ingredientes, basta establecer la cantidad de nutrientes requerida, compararla con la cantidad de éste que proporcionan los ingredientes disponibles, obtener por diferencia el déficit en el o los ingredientes en cuestión y seleccionar otra materia prima que contenga una cantidad superior del nutriente.

Por Ej. : Balancear la dieta a 16% de P. B.

Ingrediente disponible		Sorgo (8% P. B. )	
Ingrediente sustitución		Suplemento(36% P. B. )	
Ingrediente	%	% P.B	Kg/100.
Sorgo	100	8.0	8.0
Total	100		8.0
Requerido	100		16.0
Déficit	0		8.0

Cuando se sustituye 1 Kg. de sorgo con 1 Kg. de suplemento se elimina 80 g. de P. B. pero simultáneamente se añaden 360 gr. de P. B. De esta forma cada Kg. de sustitución en la dieta original aumentará.

360 gr. P. B. — 80 gr. P. B = 280 gr. P. B.

= 0.280 Kg. de P. B.

(Diferencial de sustitución)

De hecho el diferencial de sustitución significa la contribución adicional que se obtiene después de sustituir 1 Kg. de materia prima baja por 1 Kg. de materia prima alta.

Para calcular la cantidad que necesita ser sustituida por suplemento se debe aplicar la siguiente fórmula.

Déficit en Kg. del nutriente

Diferencial de sustitución

El déficit de P. B. en este ejemplo es de 8 Kg. entonces tenemos:

$$\frac{8}{0.280} = 28.58$$

Esto indica la cantidad de suplemento que se empleará en 100 Kg. de mezcla sorgo-suplemento.

La formula queda establecida de la siguiente forma:

Ingrediente	%	P.B.	P.B Kg
Sorgo	71.42	<u>8.0</u>	5.71
Total	28.58	36.0	10.29
Requerido	100.00		16.00
Déficit	100.00		16.00



## 9.2 Preparación de premezclas vitamínicas

El cálculo de una premezcla vitamínica no es otra cosa que un desglosamiento de componentes que deben integrar la misma. De aquí que para poder evaluar una fórmula comercial es indispensable saber preparar una semejante.

El problema es tan sencillo que basta comparar requerimientos con las fuentes disponibles para vitaminas y la concentración existente en estas fuentes.

Las premezclas son mezclas de micro-ingredientes con otros materiales de relleno (vehículos).

Las vitaminas son diluídas en el vehículo para garantizar una distribución más uniforme con el resto de los ingredientes de la ración. Los materiales empleados como vehículos pueden ser: harina de soya, algodón, etc y harina de cereales.

Ejm. :de premezclas vitamínicas.

### Para ponedoras

Vit. A	4 000 000 UI
Vit. D <sub>3</sub>	450 000 UI
Riboflavina	4. 5 gr
se completa hasta con harina de cereales.	1 Kg

### Para pollos en crecimiento

Vit A	800 000 UI
Vit D <sub>3</sub>	80 000 UI
Clorotetraciclina	6 grs
Riboflavina	0.3 grs
Vit. K <sub>3</sub>	0.2 grs
Antioxidantes	12. 5 grs
Salicilato de Na	20. 0 grs
Coccidiostático	10. 0 grs
Se completa hasta con harina de cereales	1Kg

Premezcla vitamínica "Vita cerdo - fuerte:

Indicaciones : Para cerdos de iniciación.

Uso: 5Kg por Tm de alimento.

Contenido garantizado: cada 5Kg; contiene:

Vit A	2.200 000 UI	Ac Pantoténico	13 gr
Vit D	220 000 UI	Colina	1.1 Kg
Vit E	11 gr	Vit B <sub>12</sub>	22 mg
Riboflavina	3 gr		
Niacina	22 gr		

Para preparar una premezcla semejante basta consultar los requerimientos por Kg. De igual forma podemos comprobar si la premezcla anterior o cualquiera que obtengamos en el mercado cubre los requerimientos de los animales que tenemos a nuestro cuidado.

	Requerimiento por Kg. NRC	Requerimiento por Ton.	Cantidad sumi- nistrada 5 Kg. de premezcla
Vit A	2,200 UI	2.200 000 UI	2.200 000 UI
Vit D	220 UI	220,000 UI	220,000 UI
Vit E	11 mg	11 gr	11 gr
Riboflavina	3 mg	3 gr	3 gr
Niacina	22 mg	22 gr	22 gr
Ac. Pantoténico	13 mg	13 gr	13 gr
Colina	1,100 mg	1,100 gr	1,100 gr
Vit B <sub>12</sub>	22 mg	22 gr	22 gr

Si existe un faltante se revisaran las fórmulas de la ración y en muchos casos, este déficit puede ser cubierto por el aporte que hacen los ingredientes que forman dicha ración.

Para preparar una premezcla semejante se toman requerimientos por toneladas de alimento, se buscan fuentes de vitamina, su concentración y se establece la cantidad de premezcla que se desea usar.

Ejemplo:

Usar 5 Kg de premezcla por tonelada.

Requerimientos/ton.	Fuente y Concentración	Cant. Fuente
Vit A	2.200 000 UI	Vit A 20 (20. 000. UI/gr)
Vit D	220 000 UI	Vit D 50 (50. 000 UI/gr)
Vit E	11 gr	Vit E 50 (50 gr/Kg)
Riboflavina	3 gr	Ribo 100 (100 gr/Kg)
Niacina	22 gr	PP 500 (500 gr/Kg)
Ac. Pant.	13 gr	Panto 100 (100 gr/Kg)
Colina	1,100 gr	Colina 75 (750 gr/Kg)
Vit B <sub>12</sub>	22 mg	Cobal 50 (50 gr/Kg)
Vehículo		Harina de maíz
Total	Harina	5.000 Kg

$$\frac{2200000}{20000} = 110 \text{ gramos}$$

$$\frac{22}{500} = 0.044 \text{ Kgs.}$$

$$\frac{220000}{50000} = 4.4 \text{ gramos}$$

$$\frac{13}{100} = 0.130 \text{ Kgs.}$$

$$\frac{11}{50} = 0.220 \text{ Kgs.}$$

$$\frac{1100}{750} = 1.467 \text{ Kgs.}$$

$$\frac{3}{100} = 0.03 \text{ Kgs.}$$

$$\frac{22}{50} = 0.44 \text{ Kgs.}$$

### 3.3 Preparación de premezclas, microelementos con sal

La administración de suplementos minerales no ofrece dificultades cuando la ración que reciben los animales se halla formada por granos como sucede en las raciones de los cerdos y en las de la mayoría de los grupos del vacuno lechero, pero por otra parte es frecuente que el vacuno de aptitud cárnica no reciba alimentos concentrados. En estos casos el forraje que consumen puede ser deficiente en minerales. Esto justifica que se realice un estudio especial de la composición de los suplementos minerales.

En cierto aspecto un suplemento mineral es una combinación de materiales relativamente sencilla, cada uno de los cuales suministra cantidades fijas de uno o más elementos necesarios.

1. Se establecen los niveles deseados por toneladas de alimento de acuerdo con los requerimientos.
2. Se fija la cantidad deseada de premezcla por Ton. de alimento.
3. Se evalúan las fuentes de microminerales y se obtienen concentraciones en porcentaje del ingrediente deseado, comparando el peso atómico del ingrediente con el peso molecular del compuesto que lo contiene.
4. Se establecen cantidades de cada fuente de ingredientes se suman y el resto para llegar a la cantidad programada se añade en forma de sal (también pudiera emplearse un vehículo similar a los indicados en las premezclas de vitaminas).

Ejemplo

Uso : 5Kg por Ton. alimento.

Niveles deseados por Ton. de alimento (requerimiento)	Fuentes de elementos traza y concentración	Cantidad de cada fuente para añadir en 5Kg de premezcla
Cu 6gr/Ton.	Sulfato de cobre Marca A $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (25.45%)	0.02358 Kg.
Fe 100gr/Ton.	Sulfato Ferroso marca B $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (20.09%)	0.49776 Kg.
I 0.2 gr/Ton.	Yoduro de potasio marca C KI 95% (72.62%)	0.00027 Kg
Mn 20 gr/Ton.	Sulfato de Manganeso marca "D" $\text{MnSO}_4$ 80% (29.1%)	0.06873 Kg
Zn 100gr/Ton.	Oxido de Zinc marca E $\text{ZnO}$ 95% (76.32%)	0.131000 Kg
Sal final	Hasta completar 5Kg.	4.27866 Kg.
Total		5.0 Kg

## **BIBLIOGRAFIA**

# BIBLIOGRAFIA

- BALMACEDA, M.L.; BALTODANO, O.F. 1990. Evaluación de Tres Tipos de Dietas (Calostro:Leche) en Terneras Holstein Friesian bajo crianza artificial. Tesis Ingeniero Agrónomo. Managua, Nic. Universidad Nacional Agraria (U.N.A.) 38 p.
- BLEIDNER, J; HINOJOSA, R. 1991. Evaluación Preliminar del Sector Ganadero en Nicaragua, Reporte No. 6 Managua, Nicaragua, Oficina de Agricultura y Desarrollo Rural, USAID, 72 p.
- BOADA, S.B.; LANNES, G.M.; AZUM, G.J.; PASTRANA, S.A.; PANTOJA, .B.A.; NAVARRRO, P.F.¿1980? Manual de Clases Prácticas y Prácticas de Laboratorio; Nutrición Animal I. Habana, Cuba., ISCAH, 135 p.
- BOADA, S. B.; LANNES, G. M. ; RODRIGUEZ, D. M.; VARGAS, J. A.; CHAVEZ, R. J. 1981. Nutrición y alimentación animal; Nutrición I. Habana, Cuba., ISCAH. v. 2, tomo 1. 453 p
- BOADO, A.; RODRIGUEZ, D. J.; CHAVEZ, R. J.; VARGAS, J. A.; LANNES, G. M. 1974. Nutrición animal. 2ed. Habana, Cuba. , Instituto Cubano del Libro 407 p.
- BYERS, B. 1985. Alimentación de verano. s. l. , Dirección General de Producción MIDINRA. p. 130-148
- CANALES, O.C.; RODRIGUEZ, V.A. 1992. Estudio sobre la conservación del Subproducto del Camarón con dos Niveles de inclusión (5%, 10%) de Acido Sulfúrico. Tesis Ingeniero Agrónomo. Managua, Nic. Universidad Nacional Agraria (U.N.A.) 53 p.
- CASTRO, A. 1983. Regionalización de especies forrajeras. Managua, Nic. , Dirección de Ganadería MIDINRA. p. 14-42.
- CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (C. R) 1982. Aspectos Nutricionales en los sistemas de producción bovina. Turrialba, C. R. 199 p.
- CHURCH, D. C.; POND, G. W. 1990. Fundamentos de Nutrición y alimentación de animales. Balderas, Méx. , Limusa. 438 p.
- CHURCH, D. C.; POND, W. G. 1977. Bases científicas para la Nutrición y Alimentación de los animales domésticos. Zaragoza, España. , Acribia. 459 p.
- CHURCH, D. C. 1974. Fisiología digestiva y Nutrición de los rumiantes: Nutrición Práctica. Trad. por Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, España. , Acribia. v3, 544 p.

- DEBLAS, C.; GONZALEZ, G.; ARGAMENTERIA, A. 1987. Nutrición y Alimentación del ganado. Madrid, España., Mundi-prensa 451 p.
- FAO (ITALIA) 1991. Utilización de alimentos tropicales: Semillas oleaginosas tropicales. ed. M. Boelen. Roma, Italia. , Fao. p 10-37.
- FLORES, M. A. 1989. Manual de alimentación animal. 3 ed. Balderas, Méx. , Limusa. 4 v.
- GONZALEZ, A.E. 1990. Alimentación de las Aves. 2 ed. México, Méx. Trillas, 107 p.
- MARRERO, L. I. 1985. Nutrición animal. Managua, Nic. , F. C. C. Agr. UNAN. s. p.
- MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. 1981. Nutrición Animal. 7 ed. México, Méx. McGraw-Hill. 640 p.
- MCDOWELL, L. R.; CONRAD, J. H.; ELLIS, G. L.; LOOSLI, J. K. 1984. Minerales para Rumiantes en pastoreo en Regiones Tropicales. Trad. por Patricia Joyce, Sarah Mckee y Deborah Lupi. Florida, EE. UU. , Universidad Florida. 92 p.
- MEJIA, M.M. 1984 Nombres Científicos y Vulgares de Especies Forrajeras Tropicales. Calí, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 75 p.
- MEMORIAS DE TRABAJOS EN NUTRICION ANIMAL (III. , 1990, Saltillo Méx). 1990. Memorias. U. A. A. A. N. Saltillo, Méx, p 152-156.
- MOHAR, F. F.; MENDOZA, P. E.; LAM, R. F. 1981. Química Fisiológica. Habana, Cuba., Pueblo y Educación. 323 p.
- OPORTA, T. J 1990. Problemas de deterioro de los pastos y forrajes en Nicaragua. Managua, Nic. , departamento de pastos. , MAG. 8 p.
- OPORTA, T. J. 1983. Problemática de la alimentación de verano en Nicaragua. Managua, Nic. Dirección General de Ganadería, MIDINRA. p 14-43.
- OPORTA, T. J. 1984. Situación de los pastos y forrajes en Nicaragua. Managua, Nic. , Departamento de pastos y forrajes, MIDINRA 21 p.
- ORSKOV, E. R. 1988. Nutrición proteica de los rumiantes. Zaragoza, España. , Acribia. 178 p.
- RAMOS, F. A.; FERRER, H. A.; HERNANDEZ, F. M.; CARDENAS, B. I.; ECHINAGUSIA, A. 1985. Bioquímica de los animales domesticos: Especialidad pecuaria. Habana, Cuba. , Ministerio de Educación Superior. 189 p.
- ROBLETO, P.L.; ARGUELLO, Ch. A. 1991. Efecto de dos Niveles de Urea en bloques de Melaza sobre la ganancia de peso en Borregos Criollos. Tesis Ingeniero Agrónomo. Managua, Nic. Universidad Nacional Agraria (U.N.A.) 48 p.
- RUIZ, R.; BRITO, L.; ALVAREZ, R. J.; PEDROSO, D. M.; HARDY, C.; AYALA, R.; GUTIEREZ, O.; BOUCOURT, R.; SAVON, L. 1984. Bioquímica Nutricional; Fisiología digestiva y metabolismo Intermediario en animales de granja. Habana, Cuba., Ministerio de Educación 296 p.
- SANCHEZ, A. F. 1988. Nutrición de las Aves. Habana, Cuba., Ministerio de Educación 235 p.



**Impresiones y Troqueles, S.A.**  
**Tel. 661728, Managua, Nicaragua.**